



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY

INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND ROBOTICS

**METODY ANALÝZY PŘÍČIN A NÁSLEDKŮ VAD
KOMPONENTŮ V MONTÁŽNÍM PROCESU**

METHODS FOR ANALYSIS OF CAUSES AND CONSEQUENCES OF COMPONENTS FAILURES IN
ASSEMBLY PROCESS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Martin Nejeschleba

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Luboš Kotek, Ph.D.

BRNO 2017

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky
Student: **Martin Nejeschleba**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Kvalita, spolehlivost a bezpečnost
Vedoucí práce: **Ing. Luboš Kotek, Ph.D.**
Akademický rok: 2016/17

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Metody analýzy příčin a následků vad komponentů v montážním procesu

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Průmyslové podniky jsou vystaveny silnému tlaku na snižování nákladů. Jsou proto nuceny optimalizovat montážní procesy a zvyšovat jejich produktivitu.

Efektivním způsobem zvyšování produktivity je zvyšování využití zařízení, materiálu, času zaměstnanců a dalších zdrojů hledáním příčin vzniku ztrát, tedy odstraňováním příčin vzniku chyb.

Cíle bakalářské práce:

- rešerše metod analýz příčin a následků vad v montážním procesu,
- rešerše procesní analýzy druhů poruch a jejich následků,
- zhodnocení použitelnosti FMEA v podniku,
- analýza FMEA a stanovení kritičnosti vad komponentů v konkrétním montážním procesu,
- návrh preventivních opatření.

Seznam literatury:

MIKULÁK, Raymond J., MCDERMONTT, Robin, BEAUREGARD, Michael . The Basic of FMEA. 2nd Edition. [s.l.] : Productivity Press, 2008. 95 s.

NENADAL, Karel. Moderní systémy řízení jakosti. Quality Management. Praha Management press, 1998.

Analýza možných způsobů a důsledků poruch (FMEA): referenční příručka. Praha: Česká společnost pro jakost, 2008.

ČSN EN 60812. Techniky analýzy bezporuchovosti systémů – Postup analýzy způsobů a důsledků poruch (FMEA). UNMZ, 2007.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17.

V Brně, dne 11. 10. 2016



doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Táto bakalárska práca sa venuje problematike analýz manažmentu kvality a ich použiti v montážnom procese. Konkrétne sú to analýzy Ishikawa diagram, 8D report, 5 Prečo, Poka-Yoke a rôzne druhy analýz FMEA. Analýza FMEA procesu je rozobraná podrobne, pretože je použitá pri hľadaní možných príčin a následkov v praktickej časti, ktorá je venovaná vypracovaniu a zhodnoteniu možných závad, ktoré by mohli vzniknúť pri montáži mechanickej napínacej kladky.

ABSTRACT

This bachelor's thesis concerns issues of quality management analyses and their use in assembly process. Specifically Ishikawa diagram, 8D report, 5 Why, Poka-Yoke and different types of FMEA analyses are described there. Process FMEA analysis is described in details, because this analysis is used in practical part of the thesis. Practical part describes searching and evaluating all possible failures and their effects, which could appear in assembly process of mechanical belt tensioner.

KĚÚČOVÉ SLOVÁ

Ishikawa diagram, 5 prečo, Poka-Yoke, 8D report, FMEA, mechanická napínacia kladka

KEYWORDS

Ishikawa diagram, 5 Why, Poka-Yoke, 8D report, FMEA, Mechanical belt tensioner

BIBLIOGRAFICKÁ CITÁCIA

NEJESCHLEBA, M. *Metody analýzy příčin a následků vad komponentů v montážním procesu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2017. 63 s.

Vedoucí bakalářské práce Ing. Luboš Kotek, Ph.D..

POĎAKOVANIE

V prvom rade by som sa rád poďakoval Ing. Lubošovi Kotkovi Ph.D. za jeho trpezlivý a ochotný prístup a taktiež za pomoc v odbornej problematike týkajúcej sa bakalárskej práce.

V druhom rade by som sa rád poďakoval spoločnosti Schaeffler Skalica za umožnenie vypracovania tejto bakalárskej práce a Ing. Zbyňkovi Lysému za vecné rady, praktické pripomienky a priateľský prístup.

V neposlednom rade patrí moja veľká vďaka mojej rodine za pomoc a za podporu počas štúdia aj mimo neho.

ČESTNÉ VYHLÁSENIE

Prehlasujem, že táto práca je mojím pôvodným dielom, vypracoval som ju samostatne pod vedením Ing. Luboše Kotka Ph.D. a s použitím literatúry uvedenej v zozname.

V Brne dňa 26.5. 2017

.....

Nejeschleba Martin

OBSAH

1	ÚVOD.....	15
2	REŠERŠ METÓD ANALÝZ MANAŽMENTU KVALITY.....	17
2.1	ISHIKAWA alebo diagram rybej kosti.....	17
2.2	5 prečo.....	18
2.3	8D report	19
2.3.1	D1: Tímový prístup.....	19
2.3.2	D2: Popis problému	19
2.3.3	D3: Implementácia a overenie dočasného opatrenia k zmierneniu škôd.....	19
2.3.4	D4: Analýza koreňovej príčiny	19
2.3.5	D5: Návrh trvalého nápravného opatrenia	19
2.3.6	D6: Implementácia a overenie prijatých opatrení.....	20
2.3.7	D7: Prevencia opakovaného výskytu.....	20
2.3.8	D8: Uzatvorenie problému a uznanie zásluh.....	20
2.4	Poka-Yoke	22
2.5	FMEA.....	23
2.5.1	FMEA – FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS.....	23
2.5.2	História FMEA	23
2.5.3	Účel FMEA	24
2.5.4	FMEA návrhu/konštrukcie	28
2.5.5	R-FMEA.....	29
2.5.6	FMECA.....	29
3	PROCESNÁ ANALÝZA MOŽNÝCH SPÔSOBOV A DÔSLEDKOV PORÚCH.....	31
3.1	Procesná FMEA všeobecne.....	31
3.1.1	Zákazník z pohľadu PFMEA.....	32
3.1.2	Tímová práca	32
3.1.3	Priebeh FMEA procesu.....	32
3.1.4	Účel FMEA procesu	32
3.1.5	Ciele FMEA procesu.....	32
3.2	Štruktúra FMEA procesu	33
3.2.1	Vytvorenie hraníc analýzy	33
3.2.2	Úrovne analýzy.....	33
3.2.3	Opis štruktúry systému.....	34
3.3	Vypracovanie analýzy FMEA procesu	34
3.3.1	Proces a funkcia procesu.....	35
3.3.2	Prejav možnej závady	35
3.3.3	Možný dôsledok závady.....	36
3.3.4	Klasifikácia závažnosti	36
3.3.5	Možná príčina závady	37
3.3.6	Klasifikácia výskytu.....	37
3.3.7	Existujúce riadenie procesu, prevencia.....	37
3.3.8	Existujúce riadenie procesu, odhaľovanie.....	37
3.3.9	Klasifikácia odhaľiteľnosti	38
3.3.10	Číslo priority rizika	38
3.3.11	Odporúčené opatrenia	39
3.4	Vyhodnotenie analýzy FMEA procesu	39

3.4.1	Riziko	39
3.4.2	Číslo priority rizika	39
3.4.3	Matica kritickosti	40
4	KONCERN SCHAEFFLER.....	41
4.1	Schaeffler Skalica	41
4.2	Priebeh FMEA analýzy v podniku Schaeffler Skalica.....	42
5	NAPÍNACIA MECHANICKÁ KLADKA HNACIEHO REMEŇA.....	43
5.1	Funkcia napínacej mechanickej kladky	44
5.2	Výhody mechanickej napínacej kladky	44
5.3	Komponenty mechanickej napínacej kladky.....	45
5.4	Popis montážneho procesu	47
6	ANALÝZA PROCESU MONTÁŽE	
	NAPÍNACEJ MECHANICKEJ KLADKY.....	49
6.1	Analýza montážnej linky.....	49
6.2	Analýza výkresovej dokumentácie	49
6.3	Vypracovanie analýzy	49
6.3.1	Zistené príčiny	50
6.3.2	Zistené metódy prevencie.....	50
6.3.3	Zistené metódy odhaliteľnosti.....	51
6.4	Vyhodnotenie analýzy.....	52
6.5	Nápravné opatrenia	53
6.6	Overenie nápravných opatrení.....	53
7	ZHODNOTENIE PRÁCE	55
8	ZÁVER.....	57
9	ZOZNAM TERMÍNOV A SKRATIEK	59
9.1	Termíny	59
9.2	Skratky	60
10	ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV	61
11	ZOZNAM OBRÁZKOV A TABULIEK.....	62
12	PRÍLOHY	63

1 ÚVOD

V dnešnej dobe sú podniky stále viac tlačené k zvyšovaniu kvality svojich výrobkov. Ľudia, teda zákazníci si častejšie vyberajú kvalitné veci, ktoré im vydržia dlhší čas, no možno stoja viac peňazí, než nekvalitnejšie veci, ktoré sa po pár použití poškodia. Tento trend zasiahol aj do strojárskoho odboru, kde zákazníci požadujú od svojich dodávateľov kvalitné produkty. Zvyšovanie kvality má priamy súvis so znižovaním potenciálnych závad, ktoré by sa mohli vyskytnúť, či už pri navrhovaní, procese alebo pri samotnom používaní predmetu. Vhodnou voľbou na minimalizáciu, prípadne elimináciu týchto závad sú metódy manažmentu kvality. Týchto metód existuje veľké množstvo a každá je vhodná na konkrétne riešenie daného problému. Do tejto bakalárskej práce boli vybrané metódy Ishikawa diagram, 5 prečo, Poka-Yoke, 8D report a analýza FMEA, analýza možných spôsobov a následkov porúch. Tieto analýzy boli vybrané kvôli ich efektívnej použiteľnosti v montážnom procese.

Teoretická časť, teda rešerš metód analýz manažmentu kvality, je venovaná práve zmieneným metódam. Sú v nej rozobrané princípy, účely a ciele vybraných metód. Ku každej metóde je uvedený konkrétny prípad riešenia pre vizualizáciu a lepšie pochopenie problematiky danej metódy. Procesná analýza možných spôsobov a následkov porúch je rozobraná podrobne kvôli jej použitiu v praktickej časti.

Procesná analýza možných spôsobov a následkov porúch sa venuje všetkým možným príčinám vzniku závady, ktoré by sa mohli vyskytnúť v procese montáže mechanickej napínacej kladky v strojárskom podniku Schaeffler Skalica, ktorý patrí do koncernu Schaeffler. Napínacia kladka sa nachádza v motore, napína hnací remeň a zabraňuje tak jeho posunutiu alebo zošmyknutiu, znižuje vibrácie a hluk samotného motora. Pre zistenie týchto príčin je vypracovaná a vyhodnotená procesná analýza spôsobov a následkov sledovaním samotného procesu montáže na montážnej linke a vyhodnotením parametrov dôležitých na chod komponentu výkresovej dokumentácie. Po následnom zoradení všetkých príčin sú nájdené tie, ktoré nespĺňajú požiadavky a sú vysoko rizikové. Pre všetky príčiny, ktoré nespĺňajú požiadavky sú navrhnuté a zhodnotené nápravné opatrenia. Tieto nápravné opatrenia budú poskytnuté podniku Schaeffler Skalica pre zlepšenie kvality montážneho procesu a zníženie možných výskytov závad montáže mechanickej napínacej kladky.

2 REŠERŠ METÓD ANALÝZ MANAŽMENTU KVALITY

Táto kapitola je venovaná opisu vybraných metód riadenia kvality, ktoré sa používajú pre identifikáciu závad vo výrobe a prevenciu porúch. Týchto Analýz veľké množstvo. Do tejto práce boli vybrané metódy FMEA, 8D report, 5 prečo, Poka-yoke a Diagram rybej kosti teda Ishikawa diagram. Tieto analýzy boli vybrané kvôli ich použiteľnosti v montážnom procese. Procesná analýza spôsobov a dôsledkov porúch je samostatne rozobraná v kapitole číslo 3.

2.1 ISHIKAWA alebo diagram rybej kosti

Ishikawa diagram, diagram rybej kosti alebo diagram príčin a následkov, ktorého autorom je japonský odborník Kaoru Ishikawa, je grafický nástroj, ktorý usporadúva príčiny daného následku v logickej postupnosti. Podľa tohto diagramu sa dajú ľahko identifikovať skutočné príčiny následkov a najefektívnejšie riešenia daného problému. Diagram by sa mal stať prvým krokom riešenia problémov, ktoré majú viacero príčin. Práve kvôli jeho grafickej podobe, tvar rybej kosti, je tento nástroj jedným z najjednoduchších vzhľadom na jeho vypracovanie [1].

Tento diagram sa vypracováva v tíme, ktorý sa obvyčajne skladá z 5 až 8 osôb. Práca tímu začína vymedzením následku, a to buď u existujúceho problému alebo potenciálneho problému. Definovaný následok sa zapíše na pravú stranu pracovného papiera a zakreslí sa vodorovná línia. V prvej fáze stanoví tím hlavné kategórie príčin daného problému. Používajú sa najmä:

- materiál
- zariadenie
- metódy
- ľudský činiteľ
- prostredie

Hlavné kategórie sa do diagramu vpisujú ako hlavné vetvy, ktoré smerujú do vodorovnej línie. Tím následne analyzuje všetky možné príčiny postupne od najdôležitejších príčin, až pokiaľ sa nezadefinujú všetky koreňové príčiny daného problému, ktoré sa zaznamenávajú na vedľajšie vetvy diagramu. Koreňové príčiny problému sú konkrétne príčiny, na ktoré sa dá reagovať nápravnými alebo preventívnymi opatreniami, a teda môžu byť minimalizované alebo úplne odstránené [2].

Vyhodnotenie spočíva v bodovaní konkrétnych príčin, a to systémom, že sa každému členovi tímu rozdelí určitý počet bodov, napríklad 6, a následne sa v troch kolách hlasuje za najdôležitejšie príčiny. Následne je treba navrhnúť nápravné opatrenia, otestovať ich a v prípade zlepšenia implementovať ich do procesu výroby [1].

Vzor vypracovaného diagramu ISHIKAWA pre konkrétny problém je uvedený v kapitole 5.3.

2.2 5 prečo

Metóda 5 prečo, používajúca sa najmä v automobilovom priemysle, je metóda, ktorej základnou funkciou je pýtať sa určitých otázok a ich následné zodpovedanie. Používa sa na zistenie potenciálnych koreňových príčin, dostaním sa pod povrch súčasných symptómov. Po zistení hlavných príčin sa aplikujú nápravné opatrenia, ktoré zredukujú alebo úplne odstránia pravdepodobnosť výskytu týchto príčin. Počet otázok prečo nie je nijako definovaný. Obyčajne sa používa 5 otázok. Pokiaľ ale posledná otázka nevyriešila daný problém, je potrebné pýtať sa ďalšiu otázku. Niekedy sa v procese môže vyskytnúť slepá ulička, teda možná príčina, ktorá daný problém neovplyvňuje [3].

Na obrázku 2-1 je znázornený model riešenia problému pomocou metódy 5 Prečo. Ako problém je uvedené prasknutie ložiska. Pokladaním a odpovedaním 4x prečo sa našla príčina a to, že sa v pláne údržby nevyskytuje kontrola senzora. Ako preventívne opatrenie je uvedené vylepšenie plánu údržby.



Obr. 2-1: Vzor metódy 5 prečo

2.3 8D report

Metóda 8D report vznikla v Spojených štátoch amerických počas druhej svetovej vojny a počas 60. rokov si metódu osvojila spoločnosť Ford Motor Company. Týmto sa metóda 8D report rozšírila najmä v automobilovom priemysle, no časom sa začala používať skoro vo všetkých sférach priemyslu tam, kde je potrebný komplexný prístup k riešeniu problémov. Princípom tejto metódy je postup, v ktorom sa kladie dôraz na reálne problémy, ale slúži aj na zlepšovanie produktov alebo procesov, v ktorých sa snaží nájsť problém a stanoviť základné príčiny vzniku problému [3].

Metóda 8D report sa skladá z ôsmych krokov, ktoré po sebe nasledujú. Jednotlivé kroky, respektíve otázky 8D, usmerňujú uvažovanie a pomáhajú so zberom dát, a tým riešeniu celého problému. Kroky sú rozpísané v jednotlivých kapitolách.

2.3.1 D1: Tímový prístup

Uvádzajú sa všetci členovia tímu, ktorí sa priamo podieľajú na riešení daného problému, rovnako ako osôb, s ktorými daný problém priamo súvisí. Členovia tímu by mali byť zameraní na rôzne funkcie, aby sa zaistila rozmanitosť skúseností a právomocí k riešeniu problému a zavedení riešení [3].

2.3.2 D2: Popis problému

Je potrebné jasne, presne a zrozumiteľne opísať daný problém. Čím podrobnejší opis problému bude, tým ľahšie je problém pochopiteľný. Tento krok je veľmi dôležitý najmä kvôli budúcemu využitiu analýzy. Ak by sa náhodou vyskytol podobný problém, mohlo by sa postupovať podľa pôvodnej analýzy. Tento krok by mal obsahovať odpovede na otázky:

- V čom je problém?
- Kde dochádza k problému?
- Kedy dochádza k problému?
- Koho sa problém týka?
- Aký je rozsah problému [3]?

2.3.3 D3: Implementácia a overenie dočasného opatrenia k zmierneniu škôd

Niekedy je potrebné implementovať dočasné opatrenia k zmierneniu škôd a minimalizovať tým nežiaduce dopady problému dovtedy, pokiaľ nebudú stanovené a implementované trvalé nápravné opatrenia. U niektorých problémov sa ale dočasné opatrenia nezavádzajú. Vtedy sa tento krok preskakuje. Tento krok je voliteľný [3].

2.3.4 D4: Analýza koreňovej príčiny

Problém môže mať jednu alebo viacero možných príčin a u každej je potrebné určiť koreňovú príčinu. K určeniu koreňovej príčiny sa väčšinou používa metóda 5 prečo opísaná v kapitole 2.2, ale môžu sa použiť aj iné metódy. Prvým krokom je určenie možných príčin, tých ktoré môžu spôsobiť riešený problém. Nasleduje analýza 5 prečo, teda pýtame sa, prečo sa problém stal, až zistíme koreňovú príčinu daného problému [3].

2.3.5 D5: Návrh trvalého nápravného opatrenia

Nápravou rozumieme kroky, ktorých cieľom je odstrániť daný problém. Nápravné opatrenia sa prijímajú v snahe odstrániť danú príčinu problému, alebo zlepšiť kvalitu. Po návrhu opatrenia tím usúdi, či dané opatrenie je vhodné a účinné. V prípade schválenia sa určí zodpovednosť za implementáciu a stanoví sa termín dokončenia [3].

2.3.6 D6: Implementácia a overenie prijatých opatrení.

Po schválení nápravného opatrenia v predchádzajúcom kroku pokračuje proces realizácie plánu nápravných opatrení. O tomto opatrení je potrebné informovať všetkých, ktorých sa dané opatrenie týka, teda vedenie, zainteresované strany až po radových zamestnancov. Taktiež je potrebné skontrolovať funkčnosť tohto nápravného opatrenia pomocou dát a analýz [3].

2.3.7 D7: Prevencia opakovaného výskytu

S informáciami získanými priebehom procesu 8D sa identifikujú časy, procesy a oblasti, kedy by sa mohol vyskytnúť podobný problém. Je potrebné zaistiť, aby sa podobný problém neopakoval. Najdôležitejším faktorom v prevencii je ľudský faktor, a to preto, že ľuďom sa zmeny nepáčia a radi sa vracajú do starého režimu. Súčasťou tohto kroku je aj audit, ktorý preskúma a skontroluje či je nápravné opatrenie funkčné a je v zhode s definovanými požiadavkami. V prípade, že nebolo prijaté žiadne opatrenie, audit nie je potrebný [3].

2.3.8 D8: Uzatvorenie problému a uznanie zásluh

Je potrebné chápať nasledujúcu terminológiu otvoreného respektíve zatvoreného problému:

- otvorený problém: riešenie problému prebieha,
- pozastavený problém: riešenie problému bolo odložené na neskôr,
- zatvorený problém: problém, ktorý sa podarilo úspešne vyriešiť, respektíve nevyriešiť, ak problém nestojí za ďalšie riešenie.

Na konci sa uznávajú zásluhy vyriešenia problému celému tímu a jednotlivcom, ktorí sa na riešení podieľali najviac. Táto spätná väzba je veľmi dôležitá v rámci motivácie riešeni ďalších 8D reportov [3].

Na obrázku 2-3 je uvedený príklad 8D reportu. V prvej disciplíne by mali byť uvedené kontaktné informácie členov tímu. V druhej disciplíne je uvedený opis problému, zamiešané komponenty. V tretej disciplíne sú uvedené dočasné opatrenia, v tomto prípade zablokovanie logistických procesov v oboch spoločnostiach, roztriedenie pomiešaných komponentov a analyzovanie debničiek s nesprávnymi komponentmi a dátum implementácie. V štvrtej disciplíne bola stanovená koreňová príčina, a to, že pri kontrole v externej spoločnosti pracovník zobral komponent z jednej zákazky a pomiešal ich s komponentmi z druhej zákazky. V piatej disciplíne boli navrhnuté nápravné opatrenia, a to preškolenie pracovníkov, aby vykonávali kontrolu komponentov bez vyťahovania z debničiek a dátum overenia. V šiestej disciplíne boli nápravné opatrenia zapísané do školiaceho plánu. V siedmej disciplíne bola vykonaná prevencia výskytu tohto problému, a to vypracovaním novej procesnej analýzy FMEA, vypracovaním nového pracovného návodu. V ôsmej disciplíne by mal byť uvedený člen zodpovedný za vypracovanie a jeho zásluhy. Taktiež je uvedený dátum vypracovania 8D reportu.



SCHAEFFLER GRUPPE

Qualitätssicherungsvereinbarung mit Produktionsmateriallieferanten
Quality Assurance Agreement with Production Material Suppliers

8D-Report

Vorgang / Concern title MIXED PARTS		Reklamationsnummer / Complaint no. Schaeffler 233396762 Lieferant / Supplier NC7054		Reklamationsdatum / Complaint opening date 2015-11-13	
Name Lieferant / Supplier		Produktionsstandort / Production site LEGUTIANO - SPAIN		Revision 8D-Report 01	Revision Datum / Date 2015-11-13
Zeichnungsnummer / Drawing no. F-574525-0171 A00 AA		Zeichnungsstand / Drawing revision AA 10/5/11		Teilebezeichnung / Part name TORSION SPRING	
Schaeffler Werk(e) / Plant(s) SKALIKA (SLOVAKIA)		Liefermenge / Quantity delivered 17050		Beanstandete Menge / Quantity claimed 32	
1 Team Name: _____ Abt./ Dept.: _____ Kontakt/ Contact (Email, Phone): _____ Name: _____ Abt./ Dept.: _____ Kontakt/ Contact (Email, Phone): _____ Name: _____ Abt./ Dept.: _____ Kontakt/ Contact (Email, Phone): _____ Teamleiter/ Champion: _____ Name: _____ Abt./ Dept.: _____ Kontakt/ Contact (Email, Phone): _____			2 Problembeschreibung / Problem description MIXED PARTS		
3 Sofortmaßnahme(n) / Corrective action(s) BLOCK STOCK IN SCHAEFFLER AND BAUMANN AND SORT THEM SEND SAMPLES OF MIXED PARTS TO BAUMANN TO ANALYSE (TNT 27971) FINALLY STOCK IN SCHAEFFLER HAS BEEN ACCEPTED BECAUSE NOK PARTS WERE LOCATED TOGETHER IN ONLY 2 CARTON TUBES (PACKAGING) STOCK IN BLE HAS BEEN SORTED WITHOUT FINDING ANY NOK PART: 100% OK COMMUNICATION TO SCHAEFFLER PARTS IN TRANSIT IN EMAIL ON 13TH NOVEMBER 2015 SAMPLES ARE RECEIVED IN BAUMANN ON 26TH NOVEMBER 2015: THERE ARE 1 ok part and 5 mixed parts reference nr F-232829-4171 B00 REV AA 01/08/08 See mixed part in the picture below nr1					Einführungsdatum / Implementation date 26/11/15 finished
4 Fehlerursache(n) / Root cause(s) <input checked="" type="checkbox"/> Fehler tritt erstmalig auf / First occurrence defect <input type="checkbox"/> Wiederholfehler/ Repetitive defect Main cause is an incorrect handling during the reception control after the packaging made in an external company. Probably the worker controlled the 2 different springs and he mixed the cardboard tubes.					
5 Geplante Abstellmaßnahme(n) / Chosen corrective action(s) Train people to not to move the springs from the original boxes during the reception				5a Wirksamkeitsprüfung mit Methode/ Verification check by method of 30/11/15	
6 Eingeführte Abstellmaßnahme(n) / Implemented corrective action(s) Written instructions about how to perform the reception control. Signed by all the people involved. (see attached)					Einführungsdatum / Implementation date 2015-11-30
7 Maßnahme(n) gegen Wiederholfehler / Action(s) to prevent recurrence Für jede Maßnahme ist ein Nachweis beizulegen/ For each action below a documented evidence must be attached <input type="checkbox"/> Update of Design FMEA no. <input checked="" type="checkbox"/> Update of Process FMEA no. rev 4/6 <input type="checkbox"/> Update of Control plan no. <input checked="" type="checkbox"/> Update von Arbeitsanweisung(en) / of work instruction(s) no. Art 4495. Reception Control Instruction					Einführungsdatum / Implementation date 2015-12-01 2015-12-01
8 Teamerfolg / Congratulations Unterschrift / Signature Teamleiter/ Champion		Name Ersteller / Author 8D-Report		Abschlussdatum Lieferant / Closing date supplier 2015-12-01	
Entscheid / Decision Schaeffler		8D-Report akzeptiert/ accepted <input type="checkbox"/> Ja / Yes <input type="checkbox"/> Nein/ No: Update erforderlich bis/ required until		Abschluss / Closure Schaeffler Datum / Date _____ Name / Unterschrift/ Signature _____	

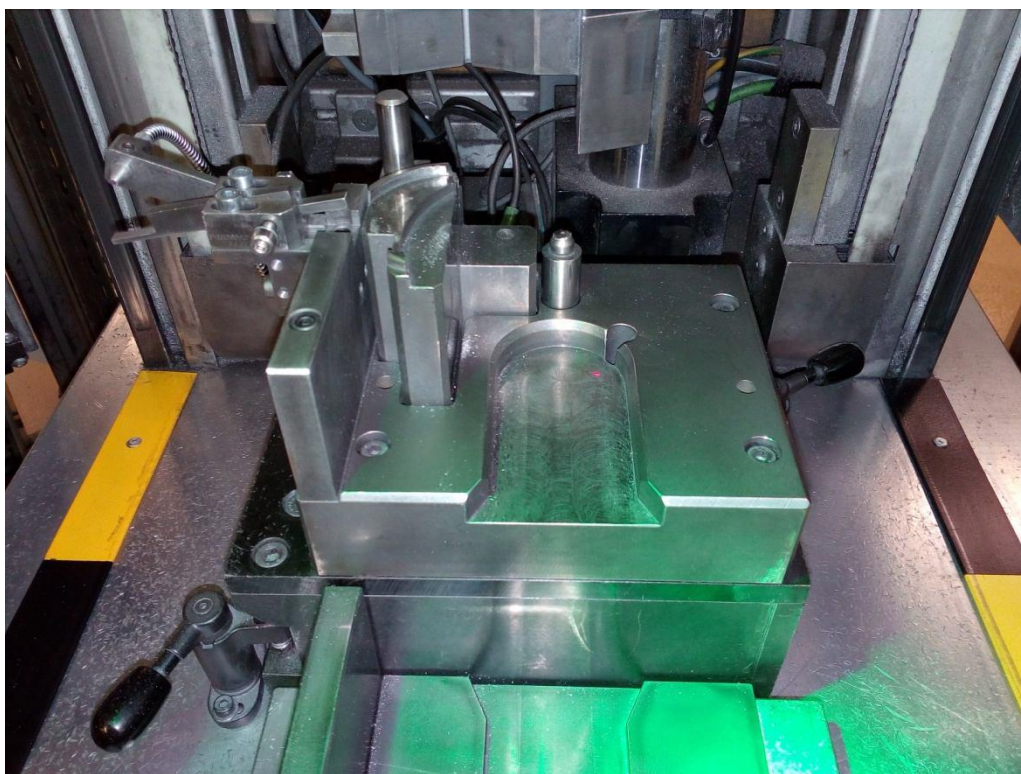
2.4 Poka-Yoke

Jednou z najpoužívanejších metód riadenia kvality je práve Poka-Yoke. Už z názvu vyplýva, že metóda vznikla v Japonsku a jej autorom je Shigeo Shingo, pracovník Toyoty. Metóda bola pôvodne označovaná ako „Baka-Yoke“, čo v doslovnom preklade znamená blbuvzdornosť, ale kvôli nespokojnosti pracovníkov, ktorých názov urážal, sa metóda premenovala na Poka-Yoke, v preklade vyhýbanie sa chybám. S použitím Poka-Yoke sa dá dosiahnuť takmer nulových chýb. Hlavnou funkciou je zabránenie vzniku chyby, alebo informovať, že sa chyba stala, čo sa dá dosiahnuť jednotlivými prostriedkami:

- chyba sa odstráni v počiatku, teda k chybe nepríde, napr. správna orientácia dielu,
- kontrolou podľa snímača umiestneného na konci procesu, to znamená, že pri zistení chyby musí pracovník chybu odstrániť, pretože stroj nepustí montáž ďalšieho kroku, kým táto nie je odstránená,
- snímačmi, ktoré zaisťujú okamžité zastavenie operácie, keď sa zistí chyba [4].

V praxi sa najčastejšie využívajú prostriedky, vďaka ktorým k chybe nepríde. Príkladom je tvar náradia v montáži, farebné káble, tvar alebo veľkosť častí a iné.

Na obrázku 2-3 je použitie metódy Poka-Yoke v montážnom procese. Ide konkrétne o lisovacu matricu. Horná a spodná dosadacia plocha matrice je rovná, čím je zabezpečená rovnosť komponentov, čap vzadu slúži na presné uloženie komponentu do matrice, aby mohol byť vykonaný bezchybný proces.



Obr. 2-3: Príklad Poka-Yoke

2.5 FMEA

Analýza FMEA je jednou z najpoužívanějších analýz manažmentu kvality kvôli jej všestrannej použiteľnosti. Je veľa druhov analýz FMEA: FMEA návrhu, FMEA procesu, s ktorou súvisí reverzná FMEA a FMEA systému. Práca je venovaná len niektorým z nich. Procesná FMEA je dôkladne rozobraná v kapitole č.3.

2.5.1 FMEA – FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS

„Analýza spôsobov a dôsledkov porúch je systematický prístup analýzy systému za účelom zistenia potenciálnych spôsobov porúch, ich príčin a dôsledkov na technické parametre (výkonnosť) systému (bezprostrednej montážnej zostavy celého systému alebo procesu) [5].“

„Metóda FMEA patrí k základným preventívnym metódam manažmentu kvality a je dôležitou súčasťou preskúmania návrhu. Založená je na tímovej analýze možností vzniku rizík u posudzovaného návrhu, ohodnoteníu ich rizikovosti, návrhu a realizácii preventívnych opatrení k zlepšeniu úrovne kvality [5].“

Termín systém používame v metóde FMEA ako predstaviteľa hardwaru, softwaru alebo procesu. Táto metóda sa prednostne používa v rannej etape vývoja výrobku, aby sa predišlo danej poruche, respektíve aby sa daný spôsob poruchy efektívne odstránil, alebo aby sa zmiernili následky poruchy, čím rozumieme zníženie závažnosti následkov alebo pravdepodobnosti ich výskytu. Analýzu môžeme zaviesť v momente, kedy je dostatočne vymedzený systém, ktorý chceme analyzovať, aby mohol fungovať ako funkčný blokový diagram a mohli sa stanoviť technické parametre prvkov systému [5].

2.5.2 História FMEA

Metóda FMEA vznikla v Spojených štátoch amerických v roku 1949 ako vojenský predpis. Tento predpis pôvodne slúžil ako metóda identifikácie možných zdrojov rizík v oblasti spoľahlivosti, ktorý skúma a hodnotí vzniknuté poruchy výrobku a odhaľuje ich príčiny a spôsoby zisťovania. Tieto poruchy boli klasifikované podľa ich vplyvu na bezpečnosť zariadení a osôb [6].

V 60. rokoch si túto metódu osvojili aj iné odvetvia. Americká vesmírna spoločnosť NASA jej dala názov, ktorý sa používa dodnes „Failure Mode and Effects Analysis.“ Prvýkrát bola použitá FMEA pre projekt Apollo. V 70. rokoch si metódu osvojila spoločnosť FORD, ktorá má najväčšiu zásluhu o rozšírenie tejto metódy v automobilovom a strojárskom priemysle. Neskôr si analýzu FMEA osvojilo aj jadrové odvetvie a letecký priemysel [7].



Obr. 2-4: Henry Ford, zakladateľ spoločnosti Ford Motor Company [11]

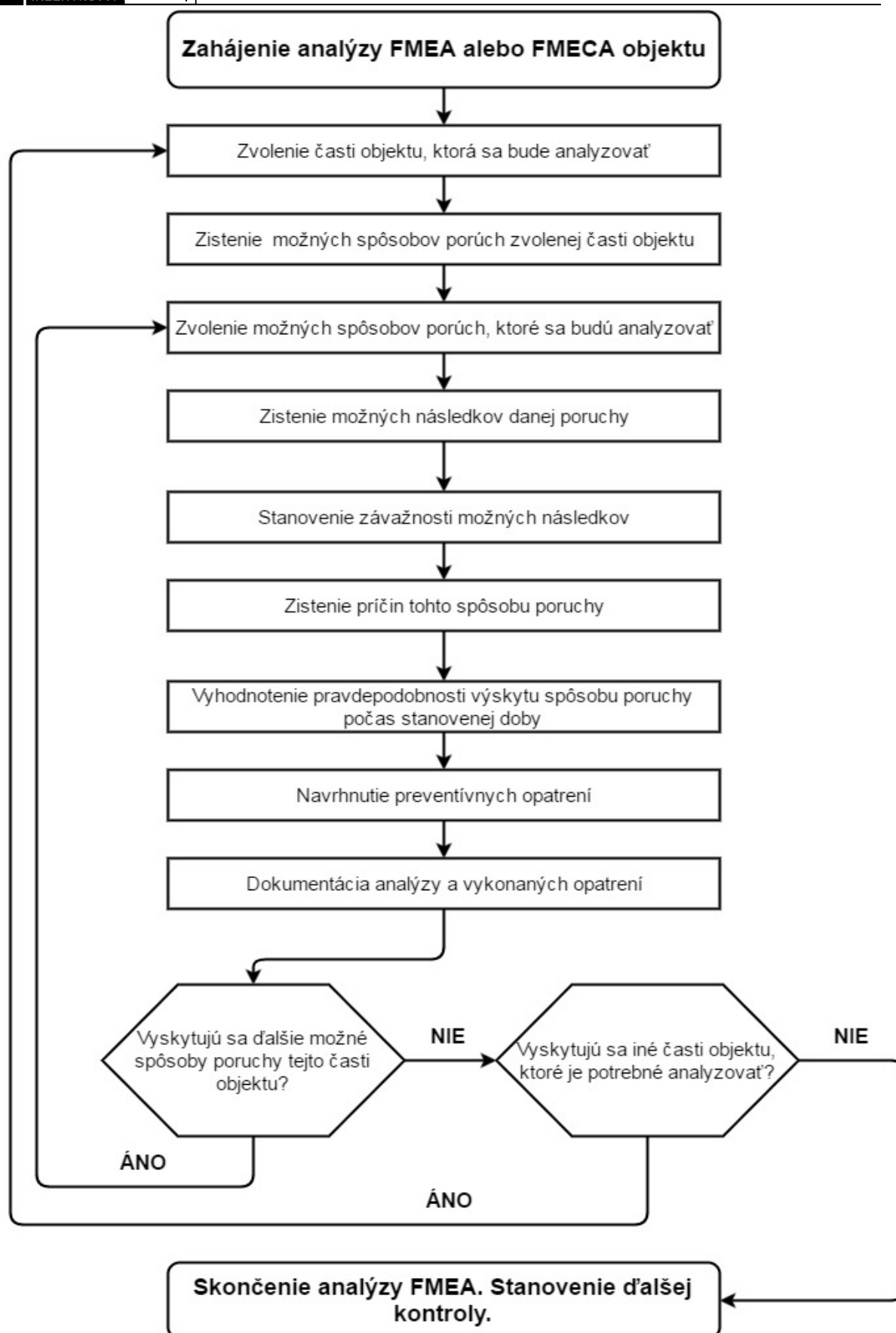
2.5.3 Účel FMEA

Metóda FMEA sa v súčasnosti používa vo všetkých sférach priemyslu. Vývojom tejto metódy je možné odhaliť 70 až 90% možných rizík. Najdôležitejšou podmienkou úspešnosti analýzy je jej včasné použitie [7].

V praxi sa metóda realizuje na základe rôznych prístupov a národných metodických noriem, často sa používajú aj metodiky VDA 4 alebo metodiky QS 9000, ktoré sú veľmi podobné. Najpoužívanjšie sú 2 typy FMEA: FMEA konštrukcie a FMEA procesu [7].

Používanie analýzy FMEA predstavuje prístup k prevencii nekvality, ktorý vedie k minimalizácii strát vyvolané nízkou kvalitou výrobku, k zníženiu počtu zmien vo fázy realizácie, k zníženiu strát vyvolaných nižšou kvalitou výrobkov a k efektívnemu využívaniu zdrojov. Výsledky analýzy FMEA tvoria informačný podklad o výrobku, ktoré sa dajú použiť pre výrobky s podobnou charakteristikou, sú významné pre spracovanie plánu kvality a dôležitou súčasťou kontrolného systému v oblasti tvorby návrhu. Používanie metódy FMEA odporúča norma ISO 9000. Stále viac zákazníkov požaduje vytvorenie analýzy FMEA kvôli nízkym nákladom, ktoré sú takmer minimálne. Po využití analýzy FMEA môžeme tvrdiť, že bolo urobené všetko pre bezchybnú realizáciu či už konštrukčného alebo technologického návrhu výrobku [7].

FMEA začína blokovou schémou analyzovaného systému, subsystému alebo komponentu. Schéma zobrazuje primárne vzťahy medzi analyzovanými prvkami a zavádza do analýzy poradie v logickom slede. Kópie schém použitých pri vypracovaní analýzy FMEA slúžia ako podklad a prikladajú sa k dokumentom analýzy [6].



Obr. 2-5: Vývojový diagram analýzy FMEA [5]

FMEA je tímová analýza. V tíme FMEA by mali byť zastúpení pracovníci vývoja, technológie, konštrukcie, výroby, skúšobní, útvaru pre manažment kvality, servisu, svoje miesto ale majú aj pracovníci ekonomického sektoru, zásobovania a logistiky, zákaznickej sféry a marketingu. Pre zefektívnenie analýzy FMEA sa odporúča organizačné a metodické vedenie práce tímu človekom, ktorý sa už s daným problémom stretol, moderátorom [7].

„Analýza FMEA prebieha v 4 etapách:

- 1) analýza súčasného stavu,
- 2) hodnotenie súčasného stavu,
- 3) návrh preventívnych opatrení,
- 4) hodnotenie stavu po zavedení preventívnych opatrení [8].“

Priebeh analýzy sa zaznamenáva priebežne do formulára FMEA, v ktorom sú špecifikované základné údaje analyzovaného konštrukčného alebo technologického návrhu, zodpovedných pracovníkov, čas vykonania analýzy a pod [7].



Obr. 2-6: Cyklus FMEA

Tím analýzy FMEA analyzuje postupne všetky možné závady, nezhody, ktoré by sa mohli v priebehu používania daného výrobku vyskytnúť. Možné závady sú chápané ako fyzikálne javy a je potrebné k nim priradiť aj také závady, ktoré sa môžu vyskytnúť len pri daných podmienkach prevádzky určitého špeciálneho charakteru. U jednotlivých závad tím analyzuje všetky možné príčiny, ktorými môžu byť spôsobené jednotlivé závady [7].

V prvej fáze hodnotenia stavu tím analyzuje postupy kontroly, ktoré sú používané k overeniu vhodnosti, napr. matematické alebo fyzikálne modelovanie alebo testovanie. Hodnotenie možných závad má 3 kritéria alebo hodnotiace rámce, ktoré sa hodnotia bezrozmerným číslom od 1 do 10 a to:

- závažnosť závady,
- pravdepodobnosť výskytu závady,
- pravdepodobnosť odhalenia závady [7].

V prípade závažnosti závady sa hodnotí najzávažnejší následok závady, ktorý má dopad na bezchybný chod procesu daného výrobku alebo komponentu [7].

V prípade pravdepodobnosti výskytu závady hodnotí tím technické možnosti vzniku danej závady vyvolanej určitou príčinou počas doby plánovanej životnosti výrobku alebo komponentu [7].

V prípade odhaliteľnosti závady sa príslušné hodnotenie vzťahuje k posúdeniu účinnosti postupov kontroly, ktoré sú používané k odhaľovaniu týchto závad daného výrobku alebo komponentu [7].

Tieto hodnotiace rámce nepodliehajú žiadnej norme. Každá spoločnosť si môže zostaviť svoje kritériá hodnotenia závažnosti, pravdepodobnosti výskytu a detekovateľnosti podľa požiadaviek zákazníka a vplyvu na spotrebiteľa.

Po stanovení týchto troch bodových hodnôt sa pre jednotlivé závady vyvolané určitou príčinou spočíta kritérium hodnotenia rizík, tzv. rizikové číslo, ktoré predstavuje súčin príslušných hodnôt jednotlivých kritérií a slúži ako ukazovateľ najrizikovejších možných závad s najväčším rizikovým číslom. U najrizikovejších možných závad tím spracuje návrh preventívnych opatrení, ktoré majú za úlohu znížiť rizikovosť. Majoritne by tieto opatrenia mali byť zamerané na zníženie pravdepodobnosti výskytu závady, môžu byť ale zamerané aj na zníženie závažnosti závady alebo zvýšenie odhaliteľnosti závady. Tento návrh preventívnych opatrení je ďalej predložený zodpovednému vedúcemu k schváleniu. Po schválení je potrebné prideliť zodpovednosť za ich realizáciu a stanovenie príslušných termínov [7].

Pri hodnotení stavu po realizácii preventívnych opatrení tím, zložený z rovnakých členov, hodnotí mieru rizika jednotlivých možných závad, na ktoré sa príslušné opatrenia vzťahovali. Toto hodnotenie zmien príslušných hodnôt umožňuje hodnotenie účinnosti opatrení, ktoré boli zrealizované. Na základe nových hodnôt stanovených rizikovým číslom môžeme vytvoriť nový zoznam podľa miery ich rizika a navrhnúť ďalšie, prípadne nové preventívne opatrenia [7].

Táto metóda sa používa najmä pre nové alebo inovované výrobky alebo procesy, no rovnako ju môžeme použiť aj na súčasné výrobky a procesy. Ak analyzujeme nový výrobok alebo proces, je potrebné, aby bola analýza uskutočnená v dostatočnom predstihu. Rovnako dôležité je aplikovanie analýzy v ďalších fázach vývoja a pri zmenách návrhu výrobku alebo procesu [7].

2.5.4 FMEA návrhu/konštrukcie

FMEA návrhu patrí k analytickým metódam, používaným najmä technikom alebo tímom technikov zodpovedných za návrh, ktorí zisťujú, či boli, v možnom rozsahu, zvážené a vyriešené všetky možné spôsoby porúch a s nimi súvisiace príčiny alebo mechanizmy. Vyhodnocujú sa koncové prvky spolu so všetkými systémami, ktoré s poruchou súvisia [6].

FMEA návrhu je zoskupenie predstáv tímu, vrátane analýz podsystémov, ktoré by podľa skúseností technikov mohli spôsobiť poruchový stav, pri návrhu komponentu, systému alebo subsystému. Je to systematický prístup, ktorý opakuje, formalizuje a dokumentuje všetky myšlienkové postupy, s ktorými sa technik stretáva v procese navrhovania komponentu [6].

Analýzu FMEA návrhu vytvára proces navrhovania, pri čom sa obmedzuje pravdepodobnosť vzniku porúch tým, že:

- podporuje objektívne zhodnotenie návrhu vrátane požiadaviek na funkciu a alternatív návrhu,
- vyhodnocuje primárny návrh podľa požiadaviek výroby, montáže, servisu a recyklovania,
- zvyšuje pravdepodobnosť, že možné spôsoby porúch a ich dôsledky na prevádzku a systém výrobku budú zvážené v etapách vývoja výrobku,
- poskytuje informácie pre plánovanie účinných programov navrhovania, vývoja a validácie,
- vypracováva zoznam možných závad, ktoré sú zaradené podľa rizikovosti ich dopadu na zákazníka, čím vytvára systém priorít pre zlepšovanie návrhu, vývoja a validácie,
- poskytuje súbor tém k odporúčeniu a sledovaniu opatrení ku zníženiu pravdepodobnosti výskytu,
- poskytuje výstupy pre ďalšie analýzy napr. k vyhodnocovaniu zmien, k podpore analýzy prevádzkových problémov a vypracováva zložitejšie návrhy [6].

Zodpovedný pracovník má k dispozícii niekoľko dokumentov, ktoré sú pri vypracovaní FMEA návrhu užitočné. Celý proces začína vypracovaním zoznamu toho, čo od návrhu očakávame, teda zámerom návrhu. Požiadavky a potreby zákazníka by mali byť tiež zahrnuté vo FMEA návrhu. Čím lepšie sú definované požiadavky, tým sa lepšie identifikujú možné spôsoby porúch pre preventívne opatrenia [6].

2.5.5 R-FMEA

Reverzná FMEA analýza sa vykonáva tímom ľudí ako audit procesu alebo výrobného postupu, ktorý kontroluje možné spôsoby vzniku poruchy a ktorého úlohou je zistiť, či všetky jestvujúce riadenia procesu, teda prevencia a odhalenie, sú správne nastavené a odhalia danú závalu. Základným dokumentom je spracovaná procesná FMEA, podľa ktorej sa vykonáva reverzná FMEA. Princípom je nasimulovanie stavu vzniku poruchy a skontrolovanie všetkých aspektov odhaliteľnosti. V prípade, ak sa proces nezastaví a porucha sa neodhalí, je potrebné zaviesť nápravné opatrenia a vylepšiť riadenie procesu. Po vykonaní reverznej FMEA sa spracuje nová procesná FMEA a nájdené nedostatky, nové spôsoby vzniku závady sa do nej implementujú.

Pri reverznej analýze FMEA je potrebné zodpovedať tieto otázky:

- Môže byť komponent nesprávne vyrobený?
- Ak môže, akým spôsobom môže byť komponent nesprávne vyrobený?
- Môže proces pokračovať bez komponentu?
- Môže proces pokračovať s nesprávnym komponentom?
- Môže byť komponent znečistený počas procesu?
- Môže byť komponent procesom poškodený [8]?

2.5.6 FMECA

FMECA, alebo analýza možných spôsobov, dôsledkov a kritickosti porúch, je analýza, pri ktorej sa kvantitatívne hodnotí relatívna veľkosť dôsledkov porúch alebo ich kritickosti. Kritickosť má veľký počet ukazovateľov alebo definícií s podobným významom, a to napríklad dopad alebo význam spôsobu poruchy, a vyžaduje, aby sa pozornosť zamerala práve na tento spôsob poruchy. Všetky poruchy sa následne analyzujú a rozdeľujú sa na dôležité a menej dôležité.

3 PROCESNÁ ANALÝZA MOŽNÝCH SPÔSOBOV A DÔSLEDKOV PORÚCH

Procesná analýza možných spôsobov a dôsledkov porúch sa používa na zistenie všetkých možných príčin, ktoré by sa mohli v procese vyskytnúť. V nasledujúcich podkapitolách je uvedená definícia analýzy, opis štruktúry analýzy, vypracovanie a spôsoby vyhodnotenia analýzy FMEA procesu.

3.1 Procesná FMEA všeobecne

Procesná FMEA, alebo PFMEA, je analytická metóda, ktorú používa technik alebo tím najmä k tomu, aby si bol istý, že všetky možné druhy porúch a s nimi spojené príčiny alebo mechanizmy boli zobrať na zreteľ. Procesná FMEA je vlastne súhrn skúseností technika a tímu, ktoré majú čo dočinenia s vývojom procesu vrátane analýz prvkov, ktoré by mohli stratiť funkčnosť počas doby životnosti. Tento systematický prístup zoraďuje a formuluje postupy, s ktorými sa technolog stretáva pri procese plánovania výroby komponentu [6].

Procesnú FMEA analýzu zvyčajne zavádzame pred zahájením výroby nových alebo inovovaných výrobkov alebo pri zmenách technologických postupov. Obvykle sa FMEA procesu zavádza po vykonaní FMEA návrhu, respektíve po zrealizovaní preventívnych opatrení, pričom FMEA procesu využíva získané poznatky z FMEA návrhu [7].

Procesná FMEA :

- identifikuje funkcie a požiadavky daného komponentu v procese výroby,
- identifikuje možné spôsoby vzniku závad, ktoré majú niečo spoločné s výrobkom alebo procesom výroby,
- hodnotí pôsobenie možných závad a ich vplyv na zákazníka,
- identifikuje možné príčiny v procese výroby a identifikuje jednotlivé faktory, na ktoré je treba brať zvláštny dôraz, zamerať sa na ne, vzhľadom na obmedzenie alebo odhalenie podmienok vzniku závad,
- identifikuje aspekty procesu, na ktoré je potrebné zamerať vedenie,
- vytvára zoznam možných spôsobov závad, ktoré sú kvantitatívne zoradené a zostavuje systém priorít pre úvahy na prevenciu vzniku závady a opatrenia k náprave [6].

Procesná FMEA je dokument a mal by byť vypracovaný:

- pred alebo v etape posudzovania vytvoriťnosti výrobku,
- pred výrobou daných nástrojov,
- tak, aby všetky výrobné operácie, od jednotlivých komponentov až po konečné zostavy, boli zohľadnené[6].

3.1.1 Zákazník z pohľadu PFMEA

Pod týmto pojmom sa u FMEA procesu rozumie obvyčajne konečný užívateľ. Zákazník však môže byť aj nadväzujúca operácia výroby alebo montáže, operácie v servise alebo operácie nariadené predpisom alebo dohodou [6].

3.1.2 Tímová práca

Na začiatku tvorenia FMEA procesu sa očakáva od zodpovedného technika, že efektívne a aktívne zapojí predstaviteľov všetkých oblastí, ktorých sa daný proces týka. Medzi týmito oblasťami by mali mať zastúpenie vývojové oblasti, montáž, výroba, materiály, kvalita, služby, dodávatelia a iné. Procesná FMEA by mala vytvárať prostredie na výmenu myšlienok medzi príslušnými funkciami alebo pracovníkmi a podporovať tímový prístup [6].

3.1.3 Priebeh FMEA procesu

Postup FMEA procesu má veľa podobných aspektov ako FMEA návrhu. Rozdiel je v hľadaní príčin možných závad. Pri FMEA návrhu sa príčiny hľadali v návrhu alebo pri konštrukcii výrobku, no vo FMEA procese sa príčiny hľadajú v technologickom procese výroby systému, subsystému alebo komponentu [7].

Tím postupne analyzuje jednotlivé čiastkové operácie procesu s cieľom identifikácie všetkých možných závad, ktoré by sa mohli u daných operácií vyskytnúť a možné spôsoby straty funkčnosti systému. V ďalšom kroku tím analyzuje možné dôsledky a príčiny vzniku možných závad a straty funkčnosti [7].

3.1.4 Účel FMEA procesu

Dôvodov, pre ktoré vykonávame analýzu FMEA, je niekoľko. Medzi najdôležitejšie patria:

- zisťovanie závad, ktoré majú nežiaduci vplyv na zákazníka, alebo zhoršujú prevádzku systému,
- zlepšovanie nezávadnosti, udržateľnosti alebo bezpečnosti systému alebo subsystému,
- splnenie legislatívnych, bezpečnostných, environmentálnych požiadaviek a špecifických požiadaviek zákazníka [5].

3.1.5 Ciele FMEA procesu

Medzi ciele procesnej analýzy FMEA patria:

- identifikácia a vyhodnotenie nežiaducich následkov systému,
- určenie kritickosti alebo zostavenie zoznamu všetkých spôsobov poruchy,
- zistenie všetkých možných závad a odhad ich závažnosti,
- podpora vývoja plánu údržby,
- zníženie pravdepodobnosti výskytu poruchy [5].

3.2 Štruktúra FMEA procesu

Pre vypracovanie analýzy je dôležité vypracovať štruktúru procesu. Štruktúra by mala obsahovať informácie o funkcii, charakteristike a technických parametroch systému, aby sa analýza mohla zamerať na všetky spôsoby závad, ktoré majú vplyv na funkčnosť systému.

3.2.1 Vytvorenie hraníc analýzy

Hranice systému sú tvorené funkčným rozhraním medzi systémom a prostredím, v ktorom sa systém nachádza, vrátane ostatných systémov, ktoré súvisia s analyzovaným systémom. Vytvorená hranica systému analýzy má korešpondovať s hranicou vymedzenou pre návrh alebo údržbu. Tento postup sa aplikuje pre vytvorenie hranice na ktoromkoľvek stupni. Systémy nachádzajúce sa za hranicou v danej analýze nie sú brané do úvahy [5].

Vytvorenie hraníc systému je veľmi výhodné v prípade veľmi zložitého systému alebo systémami, ktoré sú spolu navzájom prepojené, čím sa značne zľahčí analýza systému. Treba ale venovať pozornosť, aby sa nezabudlo na ostatné systémy nachádzajúce sa mimo daného systému slovným vyjadrením, teda že tieto systémy nepatria do danej analýzy, čiže nie sú brané do úvahy [5].

3.2.2 Úrovne analýzy

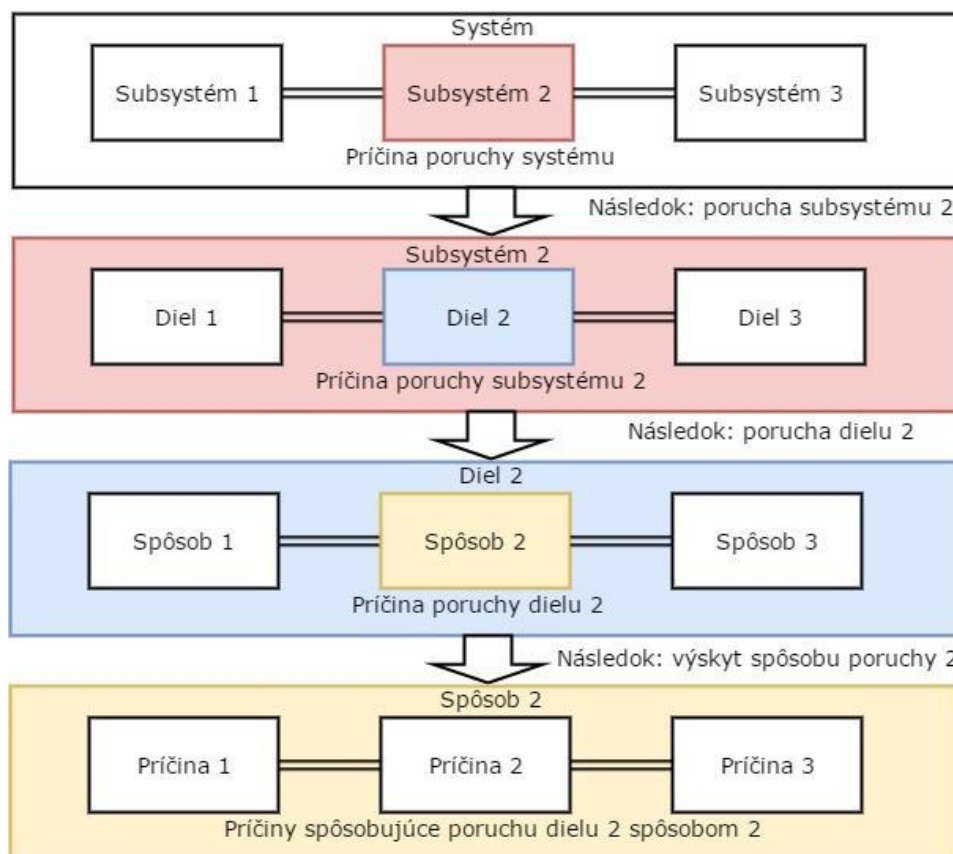
Dôležitým aspektom je stanovenie stupňov rozčlenenia systému, ktorý sa bude v danej analýze používať. Systémy sa členia napríklad podľa funkcie na subsystemy, jednotky alebo jednotlivé komponenty. Voľba stupňov členitosti systému závisí od očakávaných výsledkov a na dostupnosti informácií o danom systéme. Stupne sa môžu rozdeliť napríklad takto:

- Najvyšší stupeň sa volí podľa koncepcie návrhu a výstupných požiadaviek.
- Najnižší stupeň sa volí podľa dostupnosti informácií a opisu funkcií daného systému. Voľbu vhodného rozčlenenia ovplyvňujú najmä skúsenosti. Pri nových systémoch je vhodné voliť podrobnejšie členenie systému. Menej podrobné členenie sa používa u systémov, ktoré už boli v minulosti analyzované [5].

Špecifikácia spôsobov, príčin porúch a dôsledkov porúch závisí od úrovne analýzy a od kritérií porúch systému. S pokračovaním analýzy sa dôsledky porúch zistených na nižšej úrovni môžu stať poruchami na vyššej úrovni a naopak, dôsledky zistené na vyššej úrovni sa môžu stať dôsledkami na nižšej úrovni [5].

3.2.3 Opis štruktúry systému

Na popis štruktúry systému sa používajú symbolické prezentácie systému, najmä diagramy. V diagramoch by mali byť zvýraznené všetky dôležité funkcie. Bloky, predstavujúce vstupy a výstupy, by mali byť spojené čiarami. Popisovanie tej danej funkcie nie je nevyhnutné. Na popísanie celej štruktúry je možné použiť viacero diagramov naraz. Pomocou týchto diagramov sa ľahšie identifikujú spôsoby a príčiny porúch [5].



Obr. 3-1: Diagram štruktúry systému [5]

3.3 Vypracovanie analýzy FMEA procesu

Procesná FMEA sa spracováva na pracovný list alebo do formulára PFMEA, ktorý je obvyčajne v tabuľkovej podobe. Postup analýzy je síce normalizovaná činnosť, ale konkrétny pracovný formulár PFMEA sa prispôsobuje projektovým požiadavkám alebo požiadavkám firmy alebo konkrétnemu objektu [5].

Formulár procesnej FMEA musí obsahovať základné informácie analyzovaného objektu a následné hodnotenia možných spôsobov závad:

- číslo FMEA - uvádza sa presné číslo pre lepšiu prehľadnosť a sledovateľnosť,
- dátum - uvádza sa presný dátum, kedy by mala byť daná analýza dokončená,
- analyzované prvky – uvádza sa názov objektu alebo časť objektu, pre ktoré sa analýza vykonáva,
- zodpovednosť za vypracovanie – uvádzajú sa údaje tímu ľudí, ktorí sú zodpovední za vypracovanie danej analýzy,
- funkciu procesu,
- prejav možnej závady,
- možný dôsledok závady,
- závažnosť,
- možnú príčinu závady,
- pravdepodobnosť výskytu,
- existujúce riadenia procesu vzhľadom na prevenciu,
- existujúce riadenia procesu vzhľadom na odhaľovanie,
- odhaliteľnosť,
- číslo priority rizika,
- odporúčené opatrenia.

Funkcia procesu, prejav možnej závady, možný dôsledok závady, závažnosť, možná príčina závady, pravdepodobnosť výskytu, existujúce riadenia procesu, odhaliteľnosť, číslo priority rizika a nápravné opatrenia sú popísané v nasledujúcich kapitolách pre lepšiu orientáciu.

Formulár použitý na vypracovanie praktickej časti je uvedený v prílohe 1.

3.3.1 Proces a funkcia procesu

Uvádza sa stručný a jednoduchý opis účelu procesu alebo operácie vrátane návrhu systému alebo subsystému. Pri zložitejšom procese s viacerými operáciami a možnými spôsobmi závad je lepšie uvádzať jednotlivé operácie ako jednotlivé prvky [6].

3.3.2 Prejav možnej závady

Uvádza sa spôsob, ktorým by proces alebo zmienená funkcia procesu, mohol spôsobiť závalu. Môže to byť príčina, ktorá súvisí s možným spôsobom závady v nasledujúcej operácii, alebo príčina, ktorá súvisí s možným spôsobom závady v predchádzajúcej operácii, no pri vypracovávaní analýzy FMEA počítame s tým, že vstupné komponenty sú bez závad.

Pri analyzovaní možných spôsobov závad sa používajú 2 pomocné otázky:

1. Ako mohol proces nesplniť všetky požiadavky, teda požiadavky zákazníka, legislatívy, životného prostredia alebo bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci?
2. Čo by zákazník považoval za nežiaduce [6]?

3.3.3 Možný dôsledok záady

Uvádzajú sa všetky možné dôsledky závad spôsobené možným spôsobom záady podľa toho, aký majú vplyv na zákazníka a finálneho užívateľa. Najdôležitejším aspektom je bezpečnosť a súlad so všetkými predpismi. Tieto následky popisujeme ako nežiaduci prejav systému alebo subsystému [6].

3.3.4 Klasifikácia závažnosti

Pod pojmom závažnosť, skratka „S“ z anglického *severity*, sa rozumie posúdenie najzávažnejšieho významu dôsledku záady, vzhľadom k prevádzke systému alebo subsystému. Znamka závažnosti sa dá znížiť pri implementovaní zmien v návrhu systému, subsystému alebo komponentu. Klasifikácia závažnosti súvisí s analýzou FMEA návrhu [6].

Závažnosť sa určuje pomocou tabuliek závažnosti bezrozmerným číslom od 1 do 10. Tabuľka závažnosti nie je normovaná, a teda každý si môže určiť mieru závažnosti podľa svojich potrieb. Ako príklad je uvedená tabuľka závažnosti z normy ČSN EN 60812.

Tabuľka 3-1: Hodnotenie závažnosti spôsobu poruchy podľa normy ČSN EN 60812

Závažnosť	Kritériá	Klasifikácia
Žiadna	Žiadne zistiteľné dôsledky	1
Veľmi málo významná	Škrípajúci alebo vŕzgajúci objekt sa nezhoduje s požiadavkami na správne uloženie a opracovanie. Záadu spozorujú nároční zákazníci (menej ako 25%)	2
Málo významná	Škrípajúci alebo vŕzgajúci objekt sa nezhoduje s požiadavkami na správne uloženie a opracovanie. Záadu spozoruje 50% zákazníkov	3
Veľmi nízka	Škrípajúci alebo vŕzgajúci objekt sa nezhoduje s požiadavkami na správne uloženie a opracovanie. Záadu spozoruje väčšina zákazníkov (viac ako 75%)	4
Nízka	Objekt je schopný byť v prevádzke, ale objekt zaistujúci pohodlie je v prevádzke so zníženými technickými parametrami. Zákazník môže byť nespokojný.	5
Stredná	Objekt je schopný byť v prevádzke, ale objekt zaistujúci pohodlie je mimo prevádzky. Zákazník je nespokojný.	6
Vysoká	Objekt je schopný byť v prevádzke, ale objekt nesplňa všetky technické parametre. Zákazník je veľmi nespokojný.	7
Veľmi vysoká	Objekt nie je schopný byť v prevádzke. Strata základnej funkcie.	8
Nebezpečná s varovaním	Veľmi vysoká miera závažnosti. Potenciálny spôsob poruchy, ktorý je zabezpečený systémom varovania, bezprostredne vplýva na prevádzku objektu alebo znamená nesúhlas s vládnyimi vyhláškami a nariadeniami.	9
Nebezpečná bez varovania	Veľmi vysoká miera závažnosti. Potenciálny spôsob poruchy, ktorý nie je zabezpečený systémom varovania, bezprostredne vplýva na prevádzku objektu, alebo znamená nesúhlas s vládnyimi vyhláškami a nariadeniami.	10

3.3.5 Možná příčina závady

Uvádza sa spôsob, akým sa môže daná záhada vyskytnúť, zmienený ako niečo napravitelné. Spracuje sa zoznam všetkých možných príčin záhad, ktoré súvisia s jednotlivými spôsobmi záhad. Príčiny sa popisujú spôsobom, aby mohli byť vykonané nápravné opatrenia [6].

3.3.6 Klasifikácia výskytu

Pod pojmom výskyt, skratka „O“ z anglického *occurrence*, sa rozumie pravdepodobnosť, že sa vyskytne možná príčina záhady. Musí sa zväžiť aj vplyv prostredia, v ktorom sa systém nachádza, mechanické alebo elektrické namáhanie, pretože toto namáhanie zvyšuje pravdepodobnosť výskytu záhady. Pravdepodobnosť sa dá znížiť odstránením danej príčiny záhady, alebo zmenou návrhu systému, subsystému alebo komponentu [6].

Pravdepodobnosť výskytu sa určuje podľa tabuliek bezrozmerným číslom od 1 do 10. Tabuľka hodnotenia pravdepodobnosti výskytu nie je normovaná. Ako príklad je uvedená tabuľka z normy ČSN EN 60812.

Tabuľka 3-2: Hodnotenie pravdepodobnosti výskytu spôsobu poruchy podľa normy ČSN EN 60812

Výskyt spôsobu poruchy	Klasifikácia	Početnosť	Pravdepodobnosť
Veľmi slabý: Porucha je nepravdepodobná	1	Menej ako 0,01 na tisíc objektov	$\leq 1 \times 10^{-5}$
Nízky: Pomerne málo porúch	2	0,1 na tisíc objektov	1×10^{-4}
	3	0,5 na tisíc objektov	5×10^{-4}
Stredný: Porucha sa vyskytne občas	4	1 na tisíc objektov	1×10^{-3}
	5	2 na tisíc objektov	2×10^{-3}
	6	5 na tisíc objektov	5×10^{-3}
Vysoký: Poruchy sa opakujú	7	10 na tisíc objektov	1×10^{-2}
	8	20 na tisíc objektov	2×10^{-2}
Veľmi vysoký: Porucha je veľmi pravdepodobná	9	50 na tisíc objektov	5×10^{-2}
	10	100 a viac na tisíc objektov	$\geq 1 \times 10^{-1}$

3.3.7 Existujúce riadenie procesu, prevencia

Do kategórie preventívnych riadiacich procesov patria opatrenia, ktoré zabraňujú vzniku danej príčiny záhady, alebo znižujú početnosť vzniku záhady [6].

3.3.8 Existujúce riadenie procesu, odhaľovanie

Do tejto kategórie patria všetky prvky systému, ktorých úlohou je odhaliť danú záhadu alebo spôsob záhady, ktorý vedie k náprave systému, a teda zníženie pravdepodobnosti výskytu [6].

3.3.9 Klasifikácia odhaliteľnosti

Pod pojmom odhaliteľnosť, skratka „D“ z anglického *detection*, sa rozumie odhad nádeje, že daná záhada systému bude nájdená a eliminovaná pred tým, než by mala vplyv na zákazníka alebo finálneho používateľa. Stupeň odhaliteľnosti sa dá znížiť implementovaním nových prostriedkov riadenia procesu alebo zmeny systému [6].

Odhaliteľnosť sa určuje podľa tabuliek bezrozmerným číslom od 1 do 10. Tabuľka hodnotenia odhaliteľnosti nie je normovaná. Ako príklad je uvedená tabuľka z normy ČSN EN 60812.

Tabuľka 3-3: Hodnotenie odhaliteľnosti poruchy podľa normy ČSN EN 60812

Detekcia	Pravdepodobnosť detekcie	Klasifikácia
Skoro istá	Potenciálna príčina a spôsob poruchy bude skoro iste nájdená.	1
Veľmi vysoká	Veľmi vysoká nádej nájdenia potenciálnej príčiny a spôsobu poruchy.	2
Vysoká	Vysoká nádej nájdenia potenciálnej príčiny a spôsobu poruchy.	3
Stredne vysoká	Stredne vysoká nádej nájdenia potenciálnej príčiny a spôsobu poruchy.	4
Stredná	Stredne veľká nádej nájdenia potenciálnej príčiny a spôsobu poruchy.	5
Nízka	Malá nádej nájdenia potenciálnej príčiny a spôsobu poruchy.	6
Veľmi nízka	Veľmi malá nádej nájdenia potenciálnej príčiny a spôsobu poruchy.	7
Slabá	Slabá nádej nájdenia potenciálnej príčiny a spôsobu poruchy.	8
Veľmi slabá	Veľmi slabá nádej nájdenia potenciálnej príčiny a spôsobu poruchy.	9
Úplne neistá	Potenciálna príčina a spôsob poruchy sa nenájde.	10

3.3.10 Číslo priority rizika

Číslo priority rizika, skratka „RPN“ z anglického *Risk Priority Number*, vzniká súčinom čísel klasifikácie závažnosti, pravdepodobnosti výskytu a odhaliteľnosti.

Rovnica pre výpočet čísla priority rizika:

$$RPN = S \times O \times D \quad (1)$$

S – závažnosť

O – pravdepodobnosť výskytu

D – odhaliteľnosť

3.3.11 Odporučené opatrenia

Po usporiadaní zoznamu všetkých rizikových čísel sa stanoví hodnota RPN. Pokiaľ je daná hodnota RPN nižšia ako stanovená, nápravné opatrenia nie sú potrebné, no pokiaľ je vyššia nápravné opatrenia sú nutnosťou. Odporučené opatrenia sú všetky opatrenia, ktoré vedú k zníženiu RPN [5].

3.4 Vyhodnotenie analýzy FMEA procesu

Po vypracovaní analýzy FMEA procesu prichádza na rad vyhodnotenie analýzy. K dispozícii sú 3 metódy vyhodnotenia analýzy, pričom je len na technikovi, ktorú z nich si vyberie.

3.4.1 Riziko

Riziko je ukazovateľ závažnosti dôsledkov procesu a odhadom pravdepodobnosti výskytu rizika v stanovenom období, v ktorom sa analýza vykonáva. Pokiaľ tieto ukazovatele nie sú k dispozícii, môže byť využitá jednoduchšia, nečíselná forma analýzy FMEA procesu [5].

Riziko počítame podľa vzťahu:

$$R = S \times O \quad (2)$$

R – riziko

S – závažnosť

O – pravdepodobnosť výskytu

3.4.2 Číslo priority rizika

Metóda určenia čísla priority rizika sa v praxi používa najčastejšie. V rámci analýzy FMEA sa používa k zostaveniu zoznamu a usporiadaniu všetkých závad od najdôležitejších po najmenej dôležité [5].

V prípade, že majú 2 príčiny rovnaké číslo priority rizika, je potrebné sa zamerať na tú s vyšším číslom závažnosti.

V prípade, že sa vyskytujú závady s nízkym číslom priority rizika, ale vysokou závažnosťou, je potrebné implementovať nápravné opatrenia, ktoré túto závažnosť znížia.

Rovnica na výpočet čísla priority rizika (1) sa nachádza v podkapitole 3.3.10.

3.4.3 Matica kritickosti

Kritickosť závary sa môžu uvádzať aj v tzv. matici kritickosti. Jedná sa o tabuľku, podľa ktorej sa posudzuje či je riziko nízke, stredné alebo vysoké. Matica kritickosti nie je normovaná a v rôznych odvetviach priemyslu sa líši.

Tabuľka 3-4: Matica kritickosti

Závažnosť

10	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	120	140	150	160	180	200	210	240	250	270	280	300	320	350	360	400	420	450	480	490	500	540	560	600	630	640	700	720	800	850	900	1000
9	9	18	27	36	45	54	63	72	81	90	108	126	135	144	162	180	189	216	225	243	252	270	288	315	324	360	378	405	432	441	450	486	504	540	567	576	630	648	720	765	810	900
8	8	16	24	32	40	48	56	64	72	80	96	112	120	128	144	160	168	192	200	216	224	240	256	280	288	320	336	360	384	392	400	432	448	480	504	512	560	576	640	680	720	800
7	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70	84	98	105	112	126	140	147	168	175	189	196	210	224	245	252	280	294	315	336	343	350	378	392	420	441	448	490	504	560	595	630	700
6	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	72	84	90	96	108	120	126	144	150	162	168	180	192	210	216	240	252	270	288	294	300	324	336	360	378	384	420	432	480	510	540	600
5	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	70	75	80	90	100	105	120	125	135	140	150	160	175	180	200	210	225	240	245	250	270	280	300	315	320	350	360	400	425	450	500
4	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	48	56	60	64	72	80	84	96	100	108	112	120	128	140	144	160	168	180	192	196	200	216	224	240	252	256	280	288	320	340	360	400
3	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	36	42	45	48	54	60	63	72	75	81	84	90	96	105	108	120	126	135	144	147	150	162	168	180	189	192	210	216	240	255	270	300
2	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	24	28	30	32	36	40	42	48	50	54	56	60	64	70	72	80	84	90	96	98	100	108	112	120	126	128	140	144	160	170	180	200
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	15	16	18	20	21	24	25	27	28	30	32	35	36	40	42	45	48	49	50	54	56	60	63	64	70	72	80	85	90	100
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	15	16	18	20	21	24	25	27	28	30	32	35	36	40	42	45	48	49	50	54	56	60	63	64	70	72	80	85	90	100

Pravdepodobnosť výskytu x Odhaliteľnosť

Ak sa výsledok súčinu nachádza v zelenom poli, nápravné opatrenia nie sú potrebné.

Ak sa výsledok súčinu nachádza v žltom poli, nápravné opatrenia nie sú nevyhnutné, ale riziko treba zmenšiť.

Ak sa výsledok súčinu nachádza v červenom poli, je treba konať, znížiť riziko a implementovať nápravné opatrenia.

4 KONCERN SCHAEFFLER

Koncern Schaeffler je jedným z popredných dodávateľov pre automobilový priemysel. Je jedným z najväčších podnikov v oblasti strojnej technológie a pokrýva celosvetovú sieť výrobných závodov a výskumných centier.

Spoločnosť Schaeffler bola založená v roku 1946 Wilhelmom a Georgom Schaefflerom v Herzogenaurachu pod názvom INA. Podieľali sa na vzniku klieťkových ihličkových ložísk, ktoré sa stali prvým produktom firmy.

Postupom času sa začala firma zaoberať výrobou všetkých druhov ložísk pre automobilový, ale aj letecký, či raketový priemysel.

V roku 2003 firmy INA, LuK a FAG vytvorili spoločný koncern pod názvom „Schaeffler Group.“ V dnešnej dobe spoločnosť Schaeffler disponuje širokým spektrom know-how a modernými technológiami tvárnenia, kovania, trieskového obrábania, tepelného spracovania a montáže, vďaka ktorým patrí k popredným podnikom svojho oboru [12].



Obr. 4-1: Logo koncernu Schaeffler [12]

4.1 Schaeffler Skalica

Vývoj Schaeffler Skalica začína bývalým závodom ZVL, Závody valivých ložísk, ktorej podiel odkúpila nemecká spoločnosť INA v roku 1993 a v roku 1994 sa stala jediným vlastníkom fabriky. V roku 2006 sa zmenil názov spoločnosti na Schaeffler Slovensko a v roku 2016 prijala INA Skalica názov Schaeffler Skalica. Spoločnosť Schaeffler Skalica podniká v industriálnej oblasti a automotive oblasti.

Politika kvality Schaeffler Skalica je nastavená tak, aby očakávania spĺňali požiadavky zákazníkov vďaka neustálemu zlepšovaniu, s cieľom dosiahnuť „nulovú chybu.“ K tomu slúži napríklad projekt MOVE alebo projekt Fit for Quality.

Medzi hlavných zákazníkov spoločnosti Schaeffler Skalica v oblasti automobilového priemyslu patria Volkswagen, BMW, Škoda, Audi, Porsche, Volvo, Hyundai, Toyota, Mazda, Fiat alebo Tesla a v oblasti všeobecného priemyslu Bosch, Daimler alebo Stihl [13].

4.2 Priebeh FMEA analýzy v podniku Schaeffler Skalica

V podniku Schaeffler sú najčastejšie zastúpené 2 typy FMEA analýzy a to procesná FMEA a reverzná FMEA, ktorá prebieha v 3 fázach.

V prvej fáze sa v zasadacej miestnosti stretne tím vykonávajúci analýzu. Tento tím sa spravidla skladá z konštruktéra, technika kvality, technológa a vedúceho tímu danej časti segmentu. Tu sa celý tím oboznámi s daným problémom a navrhne jeho skúmanie a možné príčiny vzniku poruchy.

V druhej fáze sa celý tím presunie k danej linke alebo stanici, kde sa problém vyskytuje a simuluje problém priamo na linke. Pri vypracovaní analýzy sa riadi formulárom. Tento formulár pozostáva z desiatich krokov, ktoré pomáhajú nájsť príčinu.

V prvom kroku sa rieši vizualizácia postupnosti krokov. Analyzuje sa jej potreba prípadne jej umiestnenie.

V druhom kroku sa rieši, či môže byť do náradia vložený nesprávny komponent. Analyzuje sa príčina, preventívne zabezpečenie, pravdepodobnosť výskytu a metódy odhaľovania.

V treťom kroku sa rieši početnosť rovnakých dielov. Analyzuje sa príčina, preventívne zabezpečenie, pravdepodobnosť výskytu a odhaliteľnosť.

V štvrtom kroku sa rieši správnosť polohy a natočenia komponentu pri montáži. Analyzuje sa príčina, preventívne zabezpečenie, pravdepodobnosť výskytu a metódy odhaliteľnosti.

V piatom kroku sa rieši postupnosť krokov pri montáži. Analyzuje sa príčina, preventívne zabezpečenie, pravdepodobnosť výskytu a metódy odhaliteľnosti.

Šiesty krok rieši predpísané parametre dielu po zmontovaní. Analyzujú sa dané parametre, príčina, preventívne zabezpečenie, pravdepodobnosť výskytu a metódy odhaliteľnosti.

V poslednom siedmom kroku sa rieši možnosť znečistenia alebo poškodenia komponentu. Analyzuje sa, akým spôsobom sa môže komponent znečistiť alebo poškodiť, pravdepodobnosť výskytu a odhaliteľnosť.

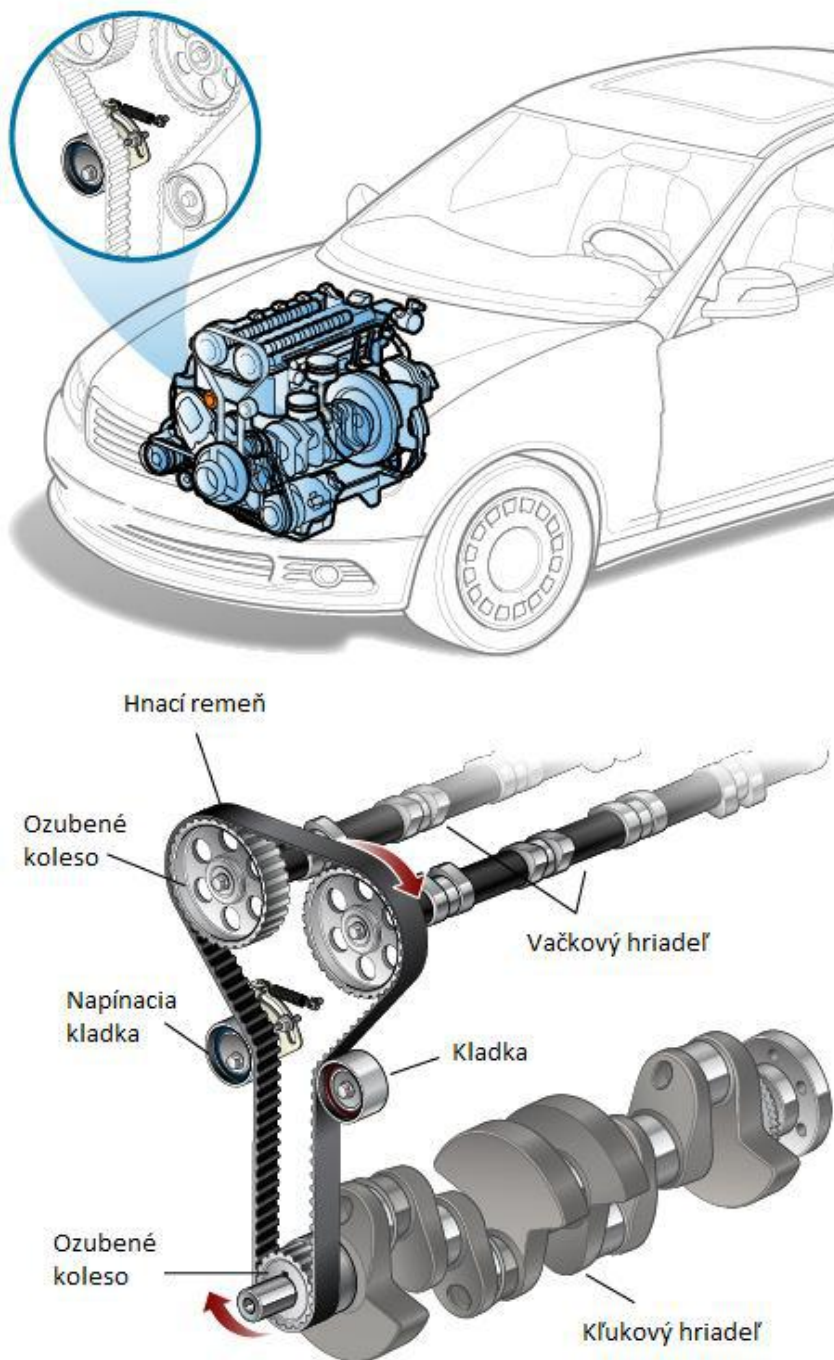
V tretej fáze sa tím stretne v zasadacej miestnosti s vyplneným formulárom. Podľa tohto formuláru tím analyzuje následky s najvyššou závažnosťou a nájde k nim adekvátne nápravné opatrenia.



Obr. 4-2: Postupnosť analýzy R-FMEA v podniku

5 NAPÍNACIA MECHANICKÁ KLADKA HNACIEHO REMEŇA

Napínacie kladky sa v spoločnosti Schaeffler vyrábajú od osemdesiatych rokov minulého storočia a od vtedy sa spoločnosť Schaeffler zapojila do ich vývoja. Počas rokov sa ich charakter zmenil, a to takým spôsobom, že sa začali používať mechanické napínacie kladky namiesto klasických hydraulických. Hlavnými výhodami mechanických napínacích kladiek sú jednoduchá konštrukcia, nižšie výrobné náklady a jednoduchšia inštalácia na motor.



Obr. 5-1: Umiestnenie napínacej kladky v motore [14]

5.1 Funkcia napínacej mechanickej kladky

Mechanická kladka slúži na napnutie hnacieho remeňa vo vnútri motora. Kladka je nastavená podľa pružiny, ktorá v ňom je a napína, respektíve povoľuje hnací remeň, ktorý prenáša krútiaci moment od kľukového hriadeľa na ostatné hriadele, a to na vačkový hriadeľ, hriadeľ alternátora, hriadeľ kompresora, hriadeľ čerpadla posilňovača riadenia a hriadeľ čerpadla chladiacej tekutiny. V automobiloch bez integrovanej napínacej kladky sa nachádza kladka, ktorá ale nezaručuje napnutie remeňa. V takýchto prípadoch sa remeň napne pri montáži motora, no môže sa stať, že sa časom, napríklad vplyvom tepla, a teda jeho rozťahnutím, z kladky alebo z inej hriadele zošmykne a príde k poruche motora.

5.2 Výhody mechanickej napínacej kladky

Medzi hlavné výhody patrí zvýšenie životnosti motora. To súvisí s kontinuálnym napnutím hnacieho remeňa počas celej doby životnosti napínacej kladky. Medzi ďalšie výhody patrí zníženie hluku a vibrácií. V prípade zvýšených prevádzkových teplôt motora sa remeň rozťahne a môže prísť k zošmyknutiu remeňa, no pri použití napínacej kladky je táto porucha minimalizovaná.

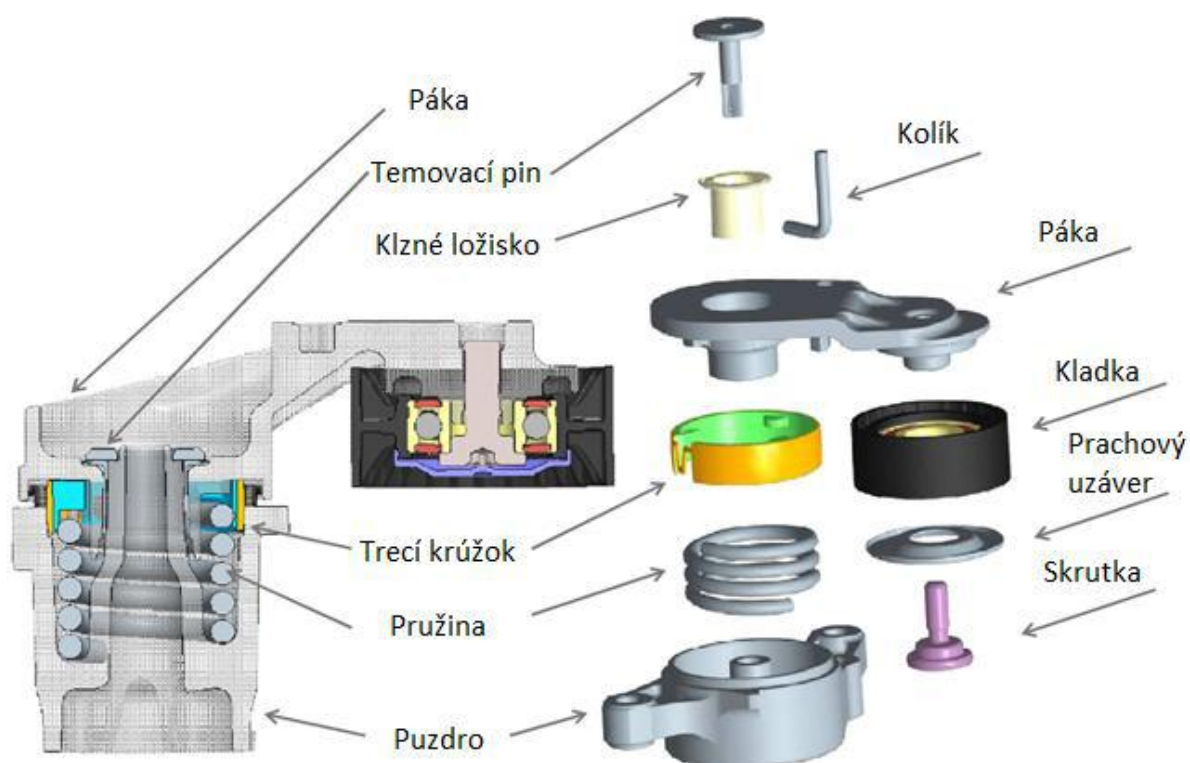


Obr. 5-2: Napínacia mechanická kladka [15]

5.3 Komponenty mechanickej napínacej kladky

Mechanická napínacia kladka sa skladá z týchto komponentov:

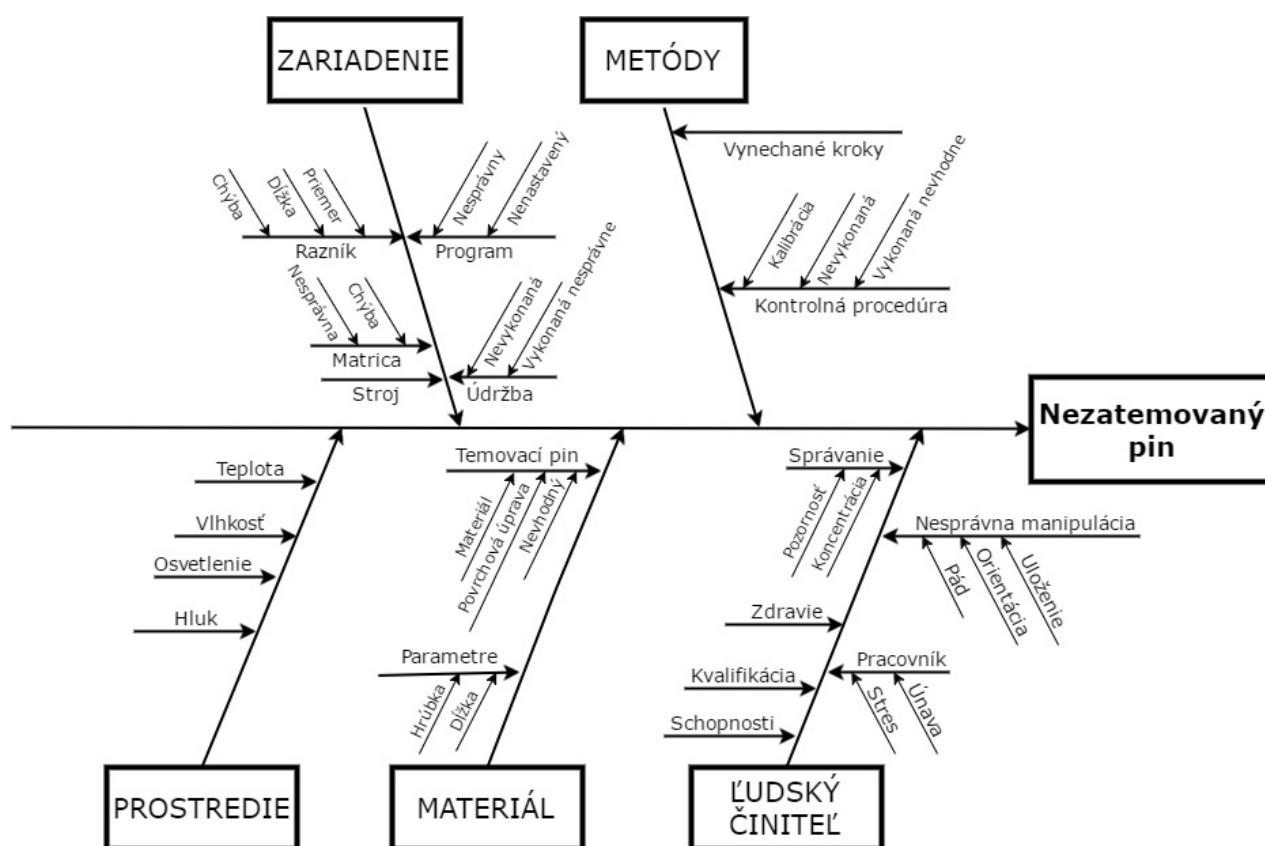
- puzdro - slúži ako predný kryt a ako súčiastka, ktorá je napevno pripevnená k motoru,
- páka - slúži ako zadný kryt a ako súčiastka, ktorá prenáša krútiaci moment z pružiny na kladku, po ktorej sa pohybuje remeň,
- klzné ložisko - slúži na zmenšenie trenia medzi pákou a puzdrom,
- pružina - slúži ako element, ktorý vytvára krútiaci moment na napínacej kladke. Pri natočení páky napínacej kladky sa otočí aj pružina, čím sa zväčší jej priemer a začne tlačiť na trecí krúžok a ten na páku, čím kompenzuje krútiaci moment na páke,
- trecí krúžok - slúži ako element na zvýšenie trenia medzi pružinou a pákou, prenáša tlak z pružiny na páku napínacej kladky,
- temovací pin - slúži ako spojovací komponent páky a puzdra napínacej kladky. Tvar pinu pripomína malú hriadeľ bez závitú s malou dierou,
- kolík - slúži na nastavenie polohy páky, aby jeho inštalácia do motora bola čo najľahšia, po pripevnení napínacej kladky do motora sa na kladku nasadí hnací remeň, kolík sa vyberie a kladka remeň napne,
- kladka - napevno priskrutkovaná k páke napínacej kladky a počas prevádzky sa po nej pohybuje hnací remeň. Na kladku je pripevnený prachový uzáver.



Obr. 5-3: Časti napínacej mechanickej kladky [16]

Pre temovací pin bol spracovaný diagram Ishikawa, pre názornú ukážku jeho použiteľnosti pre kapitolu 2.1. Ako problém bol riešený nezatemovaný pin, ktorého následkom by mohlo byť rozpadnutie napínacej kladky. Diagram bol vypracovaný metódou 5M, teda hlavnými kategóriami boli:

- Manpower - ľudský činiteľ
- Machine - zariadenie
- Materials - materiál
- Methods - metódy
- Mother Nature - prostredie



Obr. 5-4: Ishikawa diagram

5.4 Popis montážneho procesu

Montážna linka je zložená zo 6 staníc, a to z dvoch lisovacích staníc, z jednej kontrolnej stanice, skrutkovacej stanice, laserovej stanice a baliacej stanice.

V prvej stanici pracovník vloží do Poka-Yoke matrice puzdro a navrch položí klzné ložisko. Spustením tlačidla sa spustí bezpečnostný kryt a následne sa ložisko vlisuje do puzdra. Správnosť zalisovania zaručuje kontrolný systém.

V druhej stanici pracovník vloží do Poka-Yoke matrice puzdro napínacej kladky, trecí krúžok a pružinu. Potom sa na zostavené komponenty pripevní puzdro z predchádzajúcej stanice a temovací pin. Pracovník stlačí tlačidlo, a tým sa spustí lisovanie. Po dokončenom lisovaní sa pin zatemeje, roztiahne, a tým spojí puzdro a páku. Správnosť zalisovania zaisťuje kontrolný systém.

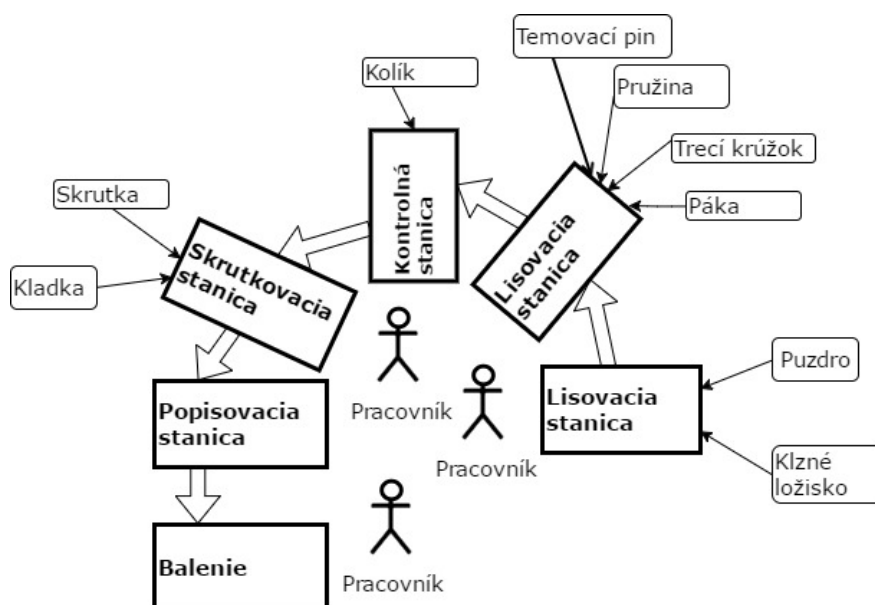
Tretia stanica slúži na kontrolu zlisovaných komponentov. Stanica kontroluje viacero elementov. Najprv skontroluje krútiaci moment, následne sa spustí kontrolný valec, na ktorom sú pripevnené 3 tenzometre. Pomocou nich sa zisťuje paralelita a výška zalisovania. Na konci sa páka otočí do montážnej polohy, v ktorej sa do páky a puzdra vsunie kolík, ktorý dočasne zaisťuje montážnu polohu.

V štvrtej stanici pracovník vloží zlisovaný komponent do matrice, umiestni naň kladku a skrutku, tak, aby držala. Po spustení stanica zaskrutkuje skrutku napevno.

Piata stanica je popisovacia. Každý komponent sa na nej popíše daným kódom, ktorý slúži ako parameter dosledovateľnosti.

Posledná stanica je baliaca. Najprv pracovník vykoná vizuálnu kontrolu. Potom si nachystá debničku a do nej postupne vkladá hotové napínacie kladky. V každej debničke musí byť daný počet kusov. Na kontrolu množstva slúži zabudovaná váha.

V prípade, že daný komponent nespĺňa dané parametre, kontrolný systém stanice ohlásí zlý kus a pracovník musí komponent vložiť do rúry, ktorý vedie do debničky na zmätky, ktorá je opatrená senzorom.



Obr. 5-5: Schéma montážnej linky

6 ANALÝZA PROCESU MONTÁŽE NAPÍNACEJ MECHANICKEJ KLADKY

Táto kapitola je venovaná praktickej časti bakalárskej práce. Prvým krokom bola analýza montážnej stanice a výkresovej dokumentácie, aby bolo možné určiť príčiny a následky zistených problémov. V druhom kroku bola vypracovaná samotná procesná FMEA analýza a boli stanovené hodnotenia závažnosti, pravdepodobnosti výskytu a odhaliteľnosti, podľa ktorých boli vypočítané čísla RPN. Po určení medznej hodnoty RPN bol nájdený nevyhovujúci prejav možnej závady. V poslednom kroku boli navrhnuté nápravné opatrenia.

6.1 Analýza montážnej linky

Prvým krokom analýzy bolo preskúmanie montážnej linky a všetkých jej súčastí. Cieľom tejto analýzy bolo nájsť všetky potenciálne príčiny vzniku závady. Preskúmanie bolo vykonávané systematicky, teda najprv sa preskúmala jedna stanica, následne ďalšia.

Pri lisovacích staniciach bol skúmaný proces kontroly komponentov po dodaní na linku, vkladania komponentov do matrice alebo ich opomenutím, ich orientácie, samotný proces lisovania, prítlačnej sily, kontrolných systémov a ukončenie procesu. Analýza sa taktiež zamerala na prípadný zabudnutý komponent, znečistený komponent alebo odretý alebo inak poškodený komponent a jeho následné použitie v ďalšom procese. Bolo potrebné skontrolovať prítomnosť správneho náradia a správnosť jeho upevnenia.

Pri kontrolnej stanici bol skúmaný proces kontroly zlisovaných a spojených komponentov. Analyzovala sa správna orientácia zlisovaných komponentov alebo ich opomenutie, kontrola paralelity a správnej funkčnosti pružiny, správnosť náradia a jeho upevnenia.

Vonkajšie vplyvy ako teplota a vlhkosť boli zobraňované do úvahy, no na samotný proces nemajú vplyv a mohli byť zanedbané.

6.2 Analýza výkresovej dokumentácie

V ďalšom kroku bola analyzovaná výkresová dokumentácia jednotlivých komponentov, pričom sa analýza zameriavala na dôležité parametre. Tieto parametre sú na výkrese označené pod skratkou „SC“, z anglického *significant characteristics* a majú vplyv na funkčnosť alebo životnosť celého výrobku.

Skúmanie výkresovej dokumentácie bolo taktiež zamerané na kontrolu materiálu daného komponentu a na prípadnú triedu čistoty.

6.3 Vypracovanie analýzy

Analýza bola vypracovávaná do formulára PFMEA, ktorého predlohou bola nemecká norma VDA. Podľa analyzovania montážnej linky a výkresovej dokumentácie boli do formulára doplnené všetky zistené prejavy možnej závady a ich následky, a to zníženie životnosti, zvýšenie vibrácií alebo hluku, nesplnenie požiadaviek zákazníka, nefunkčnosť zariadenia, problémy pri montáži a iné. Na základe prejavov bolo možné analyzovať možné príčiny závady a existujúce riadenia procesu.

Vypracovaná procesná analýza FMEA je uvedená v prílohe 2.

6.3.1 Zistené príčiny

Z hľadiska ľudského činiteľa boli zistené tieto príčiny:

- nesprávne nastavený program: rozumie sa tým nastavenie nesprávneho programu na montážnej linke,
- nesprávna manipulácia alebo pád: rozumie sa tým nesprávne vloženie komponentu do matrice, absencia daného komponentu v procese montáže, prípadne pád a znečistenie komponentu,
- zabudnutý komponent: rozumie sa tým zabudnutie komponentu z jednej zákazky a použitie v ďalšej zákazke,
- nesprávne vyrobené náradie: rozumie sa tým nesprávne vyrobená Poka-Yoke matrica alebo lisovací tŕň.

Z hľadiska logistiky spoločnosti boli zistené tieto príčiny:

- nesprávne vyskladnený komponent: rozumie sa tým nesprávne vyskladnenie daného komponentu a dodanie nesprávneho komponentu na montážnu linku
- nesprávne uskladnený komponent: rozumie sa tým nesprávne skladovanie komponentu, teda komponent utrpel povrchové poškodenie napríklad zhrdzavel, odrel sa alebo bol znečistený,
- nesprávne uskladnené náradie: rozumie sa tým nesprávne skladovanie matric alebo lisovacích tŕňov.

Z hľadiska logistiky dodávateľa boli zistené tieto príčiny:

- nesprávne dodaný komponent: rozumie sa tým nesprávne dodanie komponentu od dodávateľa, a teda, že nesprávny komponent prešiel všetkými vstupnými kontrolami,
- nesprávne vyrobený komponent: rozumie sa tým, že aspoň jeden parameter daného komponentu nie je správny.

6.3.2 Zistené metódy prevencie

Metódy prevencie v spoločnosti majú tri úrovne. V prvej úrovni sa nachádzajú externé kontrolné metódy, ktoré sa nevykonávajú priamo vo firme. Sú to:

- FMEA dodávateľa: spoločnosť vykoná u dodávateľa analýzu FMEA zameranú na správnosť parametrov komponentu,
- FMEA dopravcu: spoločnosť vykoná u dopravcu analýzu FMEA zameranú na správnosť dodania správneho komponentu v správny čas na správne miesto.

V druhej úrovni, internej, sa nachádzajú kontrolné metódy prevencie, ktorých úlohou je overiť funkčnosť logistiky vo firme. Sú to:

- vstupná kontrola: zamestnanec overí správnosť dodania komponentu od dodávateľa do firmy,
- FMEA logistiky: externá firma vykoná analýzu FMEA, zameranú na logistické procesy vo firme spojené s dodaním správneho komponentu v správny čas na správne miesto.

Tretia úroveň obsahuje všetky metódy prevencie, ktoré sa nachádzajú na linke alebo stanici alebo s ňou priamo súvisia. Sú to:

- nastavovací plán: pred začatím montáže pracovník overí podľa nastavovacieho plánu správnosť všetkých komponentov, správnosť náradia a skontroluje nastavený program na linke,
- dokumentácia: obsahuje všetku výkresovú dokumentáciu, všetky návody a plány ako postupovať pri montáži,
- zaškolenie pracovníka: každý pracovník je povinný absolvovať školenie, aby bol pripravený obsluhovať daný prístroj a vykonávať bezchybne danú prácu,
- tvár náradia: náradie je vyrobené podľa metódy Poka-Yoke, aby nedošlo k nesprávnemu vloženiu komponentu do matrice a následnému poškodeniu komponentu alebo stanice,
- kamera: kamera sníma postupné vkladanie komponentov do matrice. V prípade, že sa aspoň jeden komponent nenachádza na svojom mieste, stanica nie je funkčná a proces lisovania sa nespustí,
- snímač: snímač sníma prítomnosť komponentov. V prípade, že je aspoň jeden komponent opomenutý, stanica nie je funkčná a proces lisovania sa nespustí,
- SERVO riadenie: v prípade správneho zalisovania SERVO riadenie prepustí správne zalisovaný komponent k odobratiu zamestnancovi, v opačnom prípade komponent prepadne do debničky na zmätky,
- plánovaná údržba: v pravidelných časových intervaloch prebehne na linke plánovaná údržba všetkých staníc, aby sa zamedzilo prípadnému poškodeniu stanice.

6.3.3 Zistené metódy odhaliteľnosti

Metódy odhaliteľnosti sú posledné kontrolné metódy na odhalenie zmätku. Ak tieto metódy zlyhajú, je možné, že sa zmätok dostane k zákazníkovi, a teda môže prísť k ohrozeniu zákazníka vzhľadom na jeho konkurencie schopnosť, čo je nežiaduce. Patria k nim tieto:

- kontrolný plán: pri montážnom procese danej zákazky pracovník vyplní kontrolný plán, ktorý obsahuje počet kusov, charakteristiky komponentov, charakteristiku programu, jednoznačne stanovené kontroly a kontroly istiacich elementov,
- kontrolný systém: kontrolný systém sa nachádza na každej linke a pozostáva z dvoch častí, lisovacej krivky a snímača zmätku, ktorý sa nachádza pri debničke na zmätky a pokiaľ sa zmätok nedostane do debničky, stanica sa stane nefunkčná.

6.4 Vyhodnotenie analýzy

Vyhodnotenie analýzy prebiehalo v 3 etapách.

V prvej etape boli stanovené hodnoty závažnosti, pravdepodobnosti výskytu a odhaliteľnosti. Hodnoty pravdepodobnosti výskytu a odhaliteľnosti boli stanovené podľa dokumentácie a konzultácie s technikom kvality. Hodnoty závažnosti boli ale exaktne stanovené zákazníkom a sú uvedené v tabuľke 6-1.

Tabuľka 6-1: Hodnotenie závažnosti podľa zákazníka

Dôsledok závady	Hodnotenie
Zníženie životnosti	8
Nesplnené požiadavky zákazníka	8
Výpadok zariadenia	7
Zvýšenie hluku, vibrácií	6
Problémy pri montáži	6
Vzhľadové chyby alebo poškodenie komponentu	4

V druhej etape boli vypočítané čísla priority rizika RPN podľa vzorca (1).

V tretej etape bola firmou stanovená hodnota RPN 140 a všetky prejavy možnej závady s vyšším RPN boli chápané ako nevyhovujúce a bolo potrebné k nim nájsť nápravné opatrenia. Tomuto kritériu nevyhovelo len jeden prejav možnej závady, a to konkrétne preskočenie stanice 1 a nevlisovanie klzného ložiska do puzdra napínacej kladky, a preto bolo potrebné nájsť nápravné opatrenia. Vyhodnotenie daného problému je uvedené v tabuľke 6-2.

Tabuľka 6-2: Analýza PFMEA pre riešenú závalu

Prejav možnej závady	Možný dôsledok závady	S	Možná príčina závady	O	Existujúce riadenie procesu, prevencia	Existujúce riadenie procesu, odhaľovanie	D	RPN
Chýbajúce klzné ložisko v puzdre napínacej kladky (vynechanie prvej stanice)	Zníženie životnosti	8	[ČLOVEK] Nesprávna manipulácia	5	Zaškolenie pracovníka	Kontrolná stanica	4	160
	Zvýšenie hluku, vibrácií	6			Nastavovací plán	Kontrolný plán		
	Nesplnené požiadavky zákazníka	8						

6.5 Nápravné opatrenia

Pre zistený prejav možnej závady boli určené 3 možné nápravné opatrenia. V prvých dvoch prípadoch by bola využitá výška temovacieho pinu po procese druhej stanice. Pri absencii klzného ložiska je totiž výška hlavy temovacieho pinu rozdielna, než s temovacím pinom. V poslednom prípade by bolo využité značenie zlisovaného celku z prvej stanice.

Prvou možnosťou by bolo nainštalovanie snímača výšky do lisovacej hlavy v druhej stanici. Nevýhodou tohto riešenia by bolo, že by sa pri každej zákazke musela vymeniť lisovacia hlava a to by znamenalo, že na každej lisovacej hlave by musel byť samostatný snímač, alebo by sa jeden snímač dával z jednej lisovacej hlavy na druhú. Výhodou snímača je presné meranie výšky pri jeho správnom nastavení. Táto možnosť by bola jedna z metód odhalenia závady.

Druhou možnosťou by bolo nainštalovanie dodatočnej kamery na snímanie výšky. Po zalisovaní a zatemovaní by kamera nasnímala výšky temovacieho pinu a v prípade nezhody by daný celok vyhodnotila ako závadný. Nevýhodou tohto riešenia je komplikované nastavenie kamery. Výhodou je, že pri presnom nastavení kamera nemusí meniť svoju polohu a stačí meniť kontrolné údaje, ktoré kamera meria. Táto možnosť by bola jedna z metód odhalenia závady.

Tretou možnosťou by bolo nainštalovanie značiaceho zariadenia do prvej lisovacej stanice a kamery do druhej lisovacej stanice. K tomuto značeniu by sa mohol použiť razník, ktorý by do puzdra napínača vyrazil malú značku, bez toho aby vznikla deformácia dôležitých parametrov. V prípade, že by sa do druhej stanice vložil komponent bez klzného ložiska, teda bez označenia, kamera by zastavila stanicu a k lisovaniu by vôbec neprišlo. Výhodou je jednoduchosť inštalácie oboch kontrolných komponentov. Nevýhodou je, že použitie razníka by muselo byť odsúhlasené zákazníkom a použitie tohto procesu by muselo byť uvedené v celej dokumentácii. Táto možnosť by bola jedna z metód prevencie vzniku závady.

6.6 Overenie nápravných opatrení

Po implementovaní prvej možnosti, nainštalovaní snímača výšky, by bola odhaliteľnosť znížená na 3 a RPN by bolo znížené z pôvodných 160 na 120.

Tabuľka 6-3: Vypracovaná tabuľka po implementovaní prvého opatrenia

Prejav možnej závady	Možný dôsledok závady	S	Možná příčina závady	O	Existujúce riadenie procesu, prevencia	Existujúce riadenia procesu, odhaľovanie	D	R P N
Chýbajúce klzné ložisko v puzdre napínacej kladky (vynechanie prvej stanice)	Zníženie životnosti	8	[ČLOVEK] Nesprávna manipulácia	5	Zaškolenie pracovníka	Kontrolná stanica	3	120
	Zvýšenie hluku, vibrácií	6			Nastavovací plán	Kontrolný plán		
	Nesplnené požiadavky zákazníka	8				<u>Snímač výšky</u>		

Po implementovaní druhej možnosti, nainštalovaní kamery na meranie výšky, by bola odhaliteľnosť znížená na 3 a RPN by bolo znížené z pôvodných 160 na 120.

Tabuľka 6-4: Vypracovaná tabuľka po implementovaní druhého opatrenia

Prejav možnej závady	Možný dôsledok závady	S	Možná príčina závady	O	Existujúce riadenie procesu, prevencia	Existujúce riadenia procesu, odhaľovanie	D	RPN
Chýbajúce klzné ložisko v puzdre napínacej kladky (vynechanie prvej stanice)	Zníženie životnosti	8	[ČLOVEK] Nesprávna manipulácia	5	Zaškolenie pracovníka	Kontrolná stanica	3	120
	Zvýšenie hluku, vibrácií	6			Nastavovací plán	Kontrolný plán		
	Nesplnené požiadavky zákazníka	8				<u>Kamera</u>		

Po implementovaní tretej možnosti, nainštalovaní značiaceho zariadenia a kamery, by bola odhaliteľnosť znížená na 2 a RPN by bolo znížené z pôvodných 160 na 80.

Tabuľka 6-5: Vypracovaná tabuľka po implementovaní tretieho opatrenia

Prejav možnej závady	Možný dôsledok závady	S	Možná príčina závady	O	Existujúce riadenie procesu, prevencia	Existujúce riadenia procesu, odhaľovanie	D	RPN
Chýbajúce klzné ložisko v puzdre napínacej kladky (vynechanie prvej stanice)	Zníženie životnosti	8	[ČLOVEK] Nesprávna manipulácia	5	Zaškolenie pracovníka	Kontrolná stanica	2	80
	Zvýšenie hluku, vibrácií	6			Nastavovací plán	Kontrolný plán		
	Nesplnené požiadavky zákazníka	8			<u>Značiace zariadenie a kamera</u>			

7 ZHODNOTENIE PRÁCE

Cieľom bakalárskej práce bolo analyzovať montážny proces napínacej mechanickej kladky, vypracovať a vyhodnotiť procesnú analýzu FMEA a nájsť nápravné opatrenia. Analyzovanie prebieha obvyčajne tímom ľudí, ktorí analyzujú každý aspekt a venujú sa mu dostatočne dlhý čas, čo v tomto prípade splnené nebolo.

Ďalším dôležitým aspektom v analyzovaní bolo analyzovať proces z pohľadu zákazníka, teda hľadať všetky potenciálne závady, ktoré by mohli mať na zákazníka vplyv. Išlo najmä o bezchybnú montáž a splnenie funkčnosti napínacej kladky.

Po analyzovaní a vypracovaní formulára bol nájdený jeden prejav možnej závady, ktorý mal vyššie RPN, než bola hranica stanovená spoločnosťou a tým bolo preskočenie prvej stanice a nevlisovanie klzného ložiska do puzdra napínacej kladky. K tomuto prejavu boli nájdené 3 možné nápravné opatrenia.

Prvým nápravným opatrením by bolo nainštalovanie snímača na meranie výšky. Veľkou výhodou tohto opatrenia je, že snímač má schopnosť merať aj veľmi krátke vzdialenosti s veľkou presnosťou. Nevýhodou je, že nastavenie snímača je zložitejšie a že pri každej zmene zákazky by bolo potrebné buď pripojiť na každú lisovaciu hlavu iný snímač alebo mať na každej hlave implementovaný samostatný snímač.

Druhým nápravným opatrením by bolo nainštalovanie kamery na meranie výšky. Výhodou tohto opatrenia je, že pri správnom nastavení kamery je táto kamera schopná merať výšky jednotlivých zákaziek a nie je treba ňou viacej pohybovať. Nevýhodou je komplikovanosť nastavenia kamery a jej cena, pretože odchýlka výšky je veľmi malá.

Tretím nápravným opatrením by bolo nainštalovanie značiaceho zariadenia do prvej stanice a kamery na kontrolu označenia do druhej stanice. Výhodou tohto opatrenia je jednoduchosť inštalácie a nastavenia oboch prístrojov a ich nízka cena. Nevýhodou je trvalá zmena vzhľadu časti povrchu napínača, ktorá musí byť odsúhlasená zákazníkom.

Všetky nápravné opatrenia boli poskytnuté spoločnosti Schaeffler Skalica ako možné riešenia daného problému.

8 ZÁVER

Prvá časť bakalárskej práce je venovaná teoretickému úvodu do problematiky metód identifikácie závad vo výrobnom procese. Týchto metód je veľké množstvo. Vzhľadom na danú tému tejto práce, teda analýzy použiteľné v montážnom procese, boli vybrané analýzy Ishikawa diagram, 5 prečo, Poka-Yoke, 8D report a analýza FMEA.

Z pohľadu použiteľnosti týchto analýz je najefektívnejšia a najprehľadnejšia analýza FMEA, pretože rozoberá každý jeden možný problém, ktorý sa môže vyskytnúť a to ešte pred začatím procesu, ale aj po uvedení objektu do prevádzky, teda neustálym zlepšovaním procesu. Analýza 8D report a analýza 5 prečo sa používa ak sa v procese vyskytne daný problém a je potrebné jeho okamžité riešenie. Metóda Poka-Yoke sa uplatňuje vo všetkých sférach priemyslu no ako metóda preventívneho zabezpečenie vzniku závady, a nie ako jedna z analýz kvality.

Praktická časť bola venovaná procesnej analýze FMEA na napínanie mechanickú kladku. Napínanie kladka slúži na napnutie hnacieho remeňa v motore, čím sa zamedzuje možnosť posunutia alebo zošmyknutia hnacieho remeňa. Tento komponent sa vyskytuje skoro v každom motore a je veľmi dôležitý pre bezchybný chod motora.

V prvej časti bola analyzovaná montážna linka procesu montáže mechanickej kladky. V tejto fázy bolo potrebné zamerať sa na všetky možné príčiny vzniku závady na každej jednej stanici. Najprv bolo potrebné zoznámiť sa s daným procesom následne boli zaznamenané všetky možné príčiny, napríklad absencia komponentu, správnosť komponentu, orientácia a uloženie komponentu, stav prístroja, čistota, vzhľad komponentu a iné.

V druhom kroku bola analyzovaná výkresová dokumentácia všetkých komponentov. Analyzované boli len dôležité parametre vzhľadom na proces a funkčnosť mechanickej kladky.

V treťom kroku boli všetky príčiny zaznamenané do formulára procesnej FMEA analýzy a vyčíslovali sa hodnoty závažnosti, pravdepodobnosti výskytu a odhaliteľnosti. Závažnosť bola určená hodnotami danými od zákazníka. Pravdepodobnosť výskytu bola hodnotená z dokumentácie výskytu danej závady. Odhaliteľnosť bola hodnotená podľa tabuliek odhaliteľnosti s tým, že sa analyzovali všetky existujúce metódy prevencie a odhaliteľnosti. Súčinom týchto faktorov boli vypočítané jednotlivé čísla priority rizika a nájdené tie závady, ktoré bolo treba riešiť.

Po stanovení kritickej hodnoty čísla priority rizika bola nájdená jedna závada, absencia klzného ložiska respektíve preskočenie prvej montážnej stanice, ktorá mala toto číslo vyššie, a teda bolo potrebné nájsť nápravné opatrenia. Ich implementovaním sa číslo priority rizika zmenšilo pod kritickú úroveň, čím sa daný problém vyriešil.

9 ZOZNAM TERMÍNOV A SKRATIEK

9.1 Termíny

Organizácia – osoba alebo skupina osôb, ktorá má svoje vlastné funkcie týkajúce sa zodpovednosti, právomocí a vzťahov k dosiahnutiu cieľa [10],

Zákazník – osoba alebo organizácia, ktorá by mohla prijať alebo prijíma produkt alebo službu pre ňu určenú alebo požadovanú [10],

Dodávateľ – organizácia, ktorá poskytuje produkt alebo službu [10],

Zlepšovanie – činnosť zameraná na zvyšovanie výkonnosti [10],

Neustále zlepšovanie – opakujúca sa činnosť zameraná na zvyšovanie výkonnosti [13],

Manažment – koordinované činnosti k zameraniu a riadeniu organizácie [10],

Proces – súbor navzájom poprepájaných alebo pôsobiacich činností, ktoré využívajú vstupy pre dosiahnutie výsledku [10],

Kvalita – stupeň splnenia požiadaviek súborom špecifických znakov [10],

Politika – zámer a zameranie organizácie formálne vyjadrené vrcholovým vedením [13],

Politika kvality – zámer a zameranie organizácie formálne vyjadrené vrcholovým vedením týkajúce sa kvality [10],

Objekt – entita, položka, čokoľvek vnímateľné alebo mysliteľné [10],

Produkt – výstup organizácie, ktorý môže byť zhotovený bez akejkolvek transakcie prebiehajúcej medzi organizáciou a zákazníkom [10],

Požiadavka - potreba alebo očakávanie, ktoré sú stanovené obvykle sa predpokladajú alebo sú záväzné [10],

Zhoda – splnenie požiadaviek [10],

Nezhoda – nesplnenie požiadaviek [10],

Závada – nezhoda vzťahujúca sa k zamýšľanému alebo špecifikovanému použitiu [10],

Porucha – ukončenie schopnosti objektu plniť požadovanú funkciu [6],

Poruchový stav – stav objektu charakterizovaný neschopnosťou plniť požadovanú funkciu, okrem neschopnosti počas preventívnej údržby alebo iných plánovaných činností alebo neschopnosti spôsobenej nedostatkom vonkajších zdrojov [6],

Dôsledok poruchy – následok spôsobu poruchy pre prevádzku, funkciu alebo stav objektu [6],

Spôsob poruchy – spôsob, ktorým dochádza k poruche [6],

Osobná chyba – chyba pri meraní spôsobená osobou, pozorovateľom, spôsobená nepozornosťou, nesprávnym odčítaním alebo vrozenými závadami [11],

Pracovná chyba – chyba charakteristiky vlastnosti, ktorá sa vyskytne v ktoromkoľvek mieste stanovených pracovných podmienok [11],

Chyba prístroja – chyba, ku ktorej dochádza pri meraní vinou meriaceho prístroja, a ktorá je daná rozdielom údaju prístroja jednotkách meranej veličiny a pravej hodnoty meranej veličiny [11],

Ľudský faktor – charakteristika osoby majúca dopad na uvažovaný objekt [10],

Spokojnosť zákazníka – vnímanie zákazníka týkajúce sa splneniu jeho očakávaní [13],

Kontrola – určovanie zhody so špecifickými požiadavkami [10],

Audit – systematický, nezávislý a dokumentový proces pre získanie objektívneho dôkazu a pre jeho objektívne zhodnotenie s cieľom stanoviť rozsah, v ktorom sú splnené kritériá auditu [10].

9.2 Skratky

VDA - Verband der Automobilindustrie, nemecká odborová norma automobilového priemyslu

QS - Quality System, odborová norma amerického automobilového priemyslu

ISO - International Organization for Standardization, Medzinárodná organizácia pre normalizáciu

FMEA - Failure Mode and Effects Analysis, Analýza spôsobov a dôsledkov porúch

R-FMEA - Reverse Failure Mode and Effects Analysis, Reverzná analýza spôsobov a dôsledkov porúch

FMECA - Failure Mode, Effects and Criticality Analysis, Analýza spôsobov, dôsledkov a kritickosti porúch

PFMEA - Process Failure Mode and Effects Analysis, Procesná analýza spôsobov a dôsledkov porúch

RPN - Risk Priority Number, Číslo priority rizika

R - Risk, riziko

S - Severity, závažnosť

O - Occurrence, pravdepodobnosť výskytu

D - Detection, detekovateľnosť

10 ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV

- [1] NENADÁL, Jaroslav, 2008. *Moderní management jakosti: principy, postupy, metody*. Praha: Management Press. ISBN 978-80-7261-186-7.
- [2] PLURA, Jiří, 2001. *Plánování a neustálé zlepšování jakosti*. Praha: Computer Press. Business books (Computer Press). ISBN 80-722-6543-1.
- [3] RAMBAUD, Laurie, 2011. *8D - strukturovaný přístup k řešení problémů: průvodce tvorbou kvalitních 8D reportů*. Praha: Česká společnost pro jakost. ISBN 978-80-02-02347-0.
- [4] LANGER, D. *Identifikace a hodnocení chyb na výrobní lince a jejich prevence*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 98 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Luboš Kotek, Ph.D., 2011. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Dostupné také z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=38757
- [5] ČSN EN 60812, *Techniky analýzy bezporuchovosti systémů: Postup analýzy způsobů a důsledků poruch (FMEA)*, 2007. Praha: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT.
- [6] *Analýza možných způsobů a důsledků závad (FMEA): příručka*, 2001. 3. vyd. Praha: Česká společnost pro jakost, 72 s. ISBN 80-020-1476-6.
- [7] NENADÁL, Jaroslav, 1998. *Moderní systémy řízení jakosti: quality management*. Praha: Management Press, 283 s. ISBN 80-859-4363-8.
- [8] SCHAEFFLER, BU-Q / QM System Conference 2014.12.1. *Reverse FMEA*
- [9] ČSN EN ISO 9000 (01 0300) *Systémy managementu kvality - Základní principy a slovník*. Praha: Český normalizační institut, 2006, 62 s. : il.,
- [10] ŠINDELÁŘ, Václav. *Slovník metrologie, zkušebnictví a praktické fyziky*. Praha: Česká metrologická společnost, 2003, CD ROM.,
- [11] *Model T facts*, dostupné tiež z: <https://media.ford.com/content/fordmedia/fna/us/en/news/2013/08/05/model-t-facts.html>
- [12] *Schaeffler logo*, dostupné tiež z: https://bbj.hu/business/schaeffler-plans-huf-12-blm-investment_94552
- [13] *Schaeffler Skalica*, dostupné tiež z: <http://www.schaeffler.sk/content.schaeffler.sk/sk/company/company.jsp>
- [14] *Timing Belt Tensioner*, dostupné tiež z: <http://repairpal.com/timing-belt-tensioner>
- [15] *Napínacia kladka*, dostupné tiež z: <https://clickableautomotive.com.au/bmw-e36-e46-e34-e39-e60-x3-x5-z3-z4-mechanical-belt-tensioner-11281427252-11281748832.html>
- [16] SCHAEFFLER, Product training for automatic belt tensioners for Front End Accessory Drives (FEAD), 2015-04-17

11 ZOZNAM OBRÁZKOV A TABULIEK

Obr. 2-1: Vzor metódy 5 prečo.....	18
Obr. 2-2: Vzor 8D reportu.....	21
Obr. 2-3: Príklad Poka-Yoke.....	22
Obr. 2-4: Henry Ford, zakladateľ spoločnosti Ford Motor Company.....	23
Obr. 2-5: Vývojový diagram analýzy FMEA.....	25
Obr. 2-6: Cyklus FMEA.....	26
Obr. 3-1: Diagram štruktúry systému.....	34
Obr. 4-1: Logo koncernu Schaeffler.....	41
Obr. 4-2: Postupnosť analýzy R-FMEA v podniku.....	42
Obr. 5-1: Umiestnenie napínacej kladky v motore.....	43
Obr. 5-2: Napínacia mechanická kladka.....	44
Obr. 5-3: Časti napínacej mechanickej kladky.....	45
Obr. 5-4: Ishikawa diagram.....	46
Obr. 5-5: Schéma montážnej linky.....	47
Tabuľka 3-1: Hodnotenie závažnosti spôsobu poruchy podľa normy ČSN EN 60812.....	36
Tabuľka 3-2: Hodnotenie pravdepodobnosti výskytu spôsobu poruchy podľa normy ČSN EN 60812.....	37
Tabuľka 3-3: Hodnotenie odhaliteľnosti poruchy podľa normy ČSN EN 60812.....	38
Tabuľka 3-4: Matica kritickosti.....	40
Tabuľka 6-1: Hodnotenie závažnosti podľa zákazníka.....	52
Tabuľka 6-2: Analýza PFMEA pre riešenie závady.....	52
Tabuľka 6-3: Vypracovaná tabuľka po implementovaní prvého opatrenia.....	53
Tabuľka 6-4: Vypracovaná tabuľka po implementovaní druhého opatrenia.....	54
Tabuľka 6-5: Vypracovaná tabuľka po implementovaní tretieho opatrenia.....	54

12 PRÍLOHY

- Vzor formulára procesnej FMEA analýzy
- Vypracovaná procesná analýza FMEA pre mechanickú napínicu kladku